

УДК 004.9

**С. В. Машталир**, канд. техн. наук,  
**М. О. Гончаренко**

### ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СЦЕНЫ В ПОТОКЕ ВИДЕОДАНЫХ

***Аннотация.** Предложен новый адаптивный подход к анализу потока видеоданных. Основная идея заключается в анализе контекста видеоданных. Видео представляется как последовательность сегментированных растровых изображений, после чего формируется VAR-модель, позволяющая решать задачу обнаружения изменений в видеопотоке, используя математический аппарат многомерных временных рядов.*

***Ключевые слова:** видеоданные, многомерные временные ряды, регрессионные модели, кадр, сегментация.*

**S. V. Mashtalir**, PhD,  
**M. O. Goncharenko**

### SCENE CHANGE DETECTION IN VIDEO STREAM

***Abstract.** A new adaptive approach to video stream analysis is proposed. The basic idea is to access video data by their contents using one of the visual content features. Video is represented as sequence of segmented frames to form VAR-model and realize detecting changes in the properties of multivariate time series. Results allow determining fragments of the last, that correspond to video content changes.*

***Keywords:** video data, multidimensional time series, VAR-models, frame, segmentation.*

**С. В. Машталір**, канд. техн. наук,  
**М. О. Гончаренко**

### ДЕТЕКТУВАННЯ ЗМІН СЦЕНИ В ПОТОЦІ ВІДЕОДАНИХ

***Анотація.** Запропоновано новий адаптивний підхід до аналізу потоку відеоданих. Основна ідея полягає в аналізі контексту відеоданих. Відео представляється як послідовність сегментованих растрових зображень, після чого формується VAR-модель, що дає змогу детектувати зміни у відеопотоці, використовуючи математичний апарат багатовимірних часових рядів.*

***Ключові слова:** відеодані, багатовимірні часові ряди, регресійні моделі, кадр, сегментация.*

**Введение.** Ввиду всё увеличивающихся объёмов мультимедийной информации их обработка является одной из наиболее развивающихся научных областей в данное время. В частности, существует ряд актуальных задач (поиск информации по контексту данных, идентификация личностей, слежение за объектами, анализ медицинских исследований и т.д.), которые ещё не имеют своего окончательного решения [1,2,3,4].

Поэтому одним из, активно развивающихся направлений анализа данных является поиск информации в хранилищах данных. Уже существуют достаточно эффективные алгоритмы нахождения необходимой информации в текстовых хранилищах, данных по запросам пользователя (хотя и здесь имеется ряд сложных, нерешенных вопросов); но задача поиска мультимедийных данных по их содержанию еще далека от своего окончательного решения (поиск в базах мультимедиа данных чаще всего организуется по названию этих данных без анализа их содержания, что может привести к

получению некорректных данных и отсеиванию необходимой информации) [4,5].

Кроме описанной задачи существует еще целый класс задач анализа видеоданных, в которых исследователей интересует в первую очередь именно контекст этих данных, а не только общая информация о потоке видеоданных (слежение за объектами, монтаж различных телевизионных программ, в частности, новостных, где нужно быстро находить ключевые моменты того или иного сюжета и т.д.) [3, 4].

Одним из перспективных подходов по анализу видеоданных может служить аппарат многомерных временных рядов, что обусловлено возможностью представления исходных данных в виде последовательности отдельных кадров [1,6].

Таким образом, целью данной статьи является создание метода обработки видеоданных на основе анализа многомерных временных рядов при помощи настраиваемой модели.

**Математическая модель анализа видеоданных.** Предварительная обработка видеоданных заключается в регистрации кадров

© Гончаренко М.О., Машталир С.В., 2012

видеопоследовательности, преобразовании растровых данных для дальнейшего разделения их на определённые группы пикселей (иными словами, для осуществления сегментации), вычислении характеристик изображения [7].

Такое представление видеоданных позволяет решать задачу последовательного обнаружения моментов изменения свойств многомерных временных рядов методом настраиваемой модели.

Для решения задачи обнаружения изменения свойств многомерных рядов удобным, компактным и эффективным их описанием являются векторные авторегрессионные модели (VAR – модели).

В общем случае VAR-модель связывает прошлые и текущие наблюдения векторного сигнала  $x(k)$  в форме

$$x(k) = B_0 + \sum_{l=1}^p B_l x(k-l) + \xi(k),$$

где  $B_0 = \{b_{0i}\} - (n \times 1)$  вектор средних значений,  $B_l = \{b_{lij}\} - (n \times n)$  матрицы параметров,  $p$  – порядок модели [8,9].

Введем в рассмотрение составные вектор  $X(k) = (1, x^T(k-1), \dots, x^T(k-p))^T$  и матрицу  $B = (B_0 \ B_1 \ \dots \ B_p)$  размерности  $((pn+1) \times 1)$ , после чего уравнение VAR процесса запишется в виде

$$x(k) = BX(k) + \xi(k), \quad (1)$$

где матрица априори неизвестных параметров  $B$  содержит практически всю необходимую информацию о свойствах контролируемого сигнала.

Задача идентификации состоит в том, что в соответствие реальному сигналу (1) ставится настраиваемая модель

$$\tilde{x}(k) = B(k-1)X(k), \quad (2)$$

матрица параметров,  $B(k)$  которой уточняется на каждом такте времени  $k$  путем минимизации принятого критерия идентификации, являющегося некоторой функцией разницы рассчитанных  $\tilde{x}(k)$  и экспериментальных данных  $x(k)$ .

Синтезированная модель (2) обязана быть работоспособной и в режиме прогнози-

рования, а нарушение прогнозирующих свойств может быть признаком возникновения некоторых рекуррентных процедур, которые могут быть представлены в обобщенном виде так:

$$\begin{cases} B(k) = B(k-1) + \gamma(k)e(k)X^T(k), \\ e(k) = x(k) - \tilde{x}(k) = x(k) - B(k-1)X(k), \end{cases} \quad (3)$$

где  $\gamma(k)$  – скалярный или матричный коэффициент усиления алгоритма, определяющий его свойства и зависящий от принятого критерия идентификации;  $e(k)$  – векторная ошибка идентификации [2,3,6].

Обладая высоким быстродействием, процедура (3) не способна различить изменения в сигнале и влияние стохастического компонента  $\xi(k)$ .

В связи с этим представляется целесообразным использование алгоритмов с конечной памятью, обладающих как сглаживающими, так и следящими свойствами, компромисс между которыми и задается величиной памяти. Признаком возникающих изменений может служить потеря прогнозирующих свойств модели (2) и необходимость перестройки памяти алгоритма.

Перепишем процедуру (3) в виде многомерной модификации алгоритма экспоненциально взвешенной стохастической аппроксимации

$$\begin{cases} B(k) = B(k-1) + \frac{e(k)X^T(k)}{\beta r(k-1) + \|X(k)\|^2} \\ r(k) = \beta r(k-1) + \|X(k)\|^2, \end{cases} \quad (4)$$

Данная процедура обладает необходимыми сглаживающими и следящими свойствами, а её механизм основан на «подавлении» устаревшей информации, при этом динамические свойства алгоритма полностью определяются памятью, на основе которой происходит уточнение матрицы текущих оценок  $B(k)$  [6].

Для регулирования параметра сглаживания  $\beta$  может быть применён метод Триггера Лича, которые предложили в качестве следящего сигнала использовать отношение

$$T_i^{TL}(k) = \frac{T_i'(k)}{d_i(k)},$$

где  $T'_i(k) = (1 - \beta)e_i(k) + \beta T'_i(k-1)$  – не об-  
щая сумма отклонений, а сглаженная ошиб-  
ка, при этом должно соблюдаться неравенст-  
во  $\beta' \leq \beta$ .

При  $\beta' = \beta$  следящий сигнал будет  
варьироваться между значениями  $-1$  и  $+1$ .  
Для введения автоматической обратной свя-  
зи Д.Тригг и А.Лич предложили рассчиты-  
вать параметр сглаживания согласно соот-  
ношению

$$\beta(k) = 1 - \left| T^{TL}(k) \right|, \quad (5)$$

а разладки в сигнале фиксировать при суще-  
ственных изменениях  $\beta(k)$  [1,6].

**Реализация исследования видеодан-  
ных методом настраиваемой модели.** Про-  
граммная реализация метода позволяет рабо-  
тать с видеоданными в формате .avi, пред-  
ставляемыми как в полутоновом, так и в  
цветном формате. Эти видеоданные преобра-  
зуются в последовательность кадров (рас-  
тровых изображений), на которых выделя-  
ются те элементы, предположительно при-  
надлежащие различающимся на соседних  
видеокадрах участкам.

Над каждым видеокадром из полученной  
последовательности совершается ряд мани-  
пуляций с целью выделения определённых  
групп пикселей по сходству их яркостей. За-  
тем производится поиск связных областей  
пикселей объектов и создается матрица ме-  
ток, каждый элемент которой равен номеру  
объекта, которому принадлежит соответст-  
вующий пиксель изображения. Иными сло-  
вами, производится сегментация изображе-  
ния, в данном случае применялась сегмента-  
ция методом маркерного водораздела. При-  
мер сегментации приведен на рис. 1.

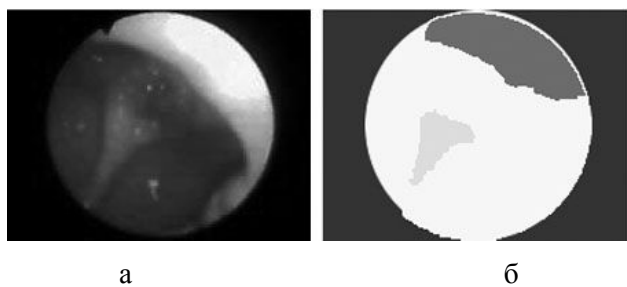


Рис. 1. Исходное (а) и сегментированное  
(б) изображения

В результате сегментации на изображе-  
нии выделяется некоторое количество сег-  
ментов  $s$ . Пиксели, относящиеся к одному  
сегменту, имеют одинаковое значение в ма-  
трице меток. Далее для каждого сегмента  
подсчитывается ряд характеристик: пери-  
метр сегмента, его площадь, средние значе-  
ния красной, зелёной и синей компонент  
цвета сегмента, средние значения координат  
его положения по вертикали и горизонтали.

В результате этого каждый видеокадр  
представляется в виде матрицы  $X_l$  размер-  
ности  $s \times 7$ . В исходной последовательности  
видеокадров всегда существует видеокадр с  
максимальным количеством сегментов. Со-  
ответственно все матрицы  $X_l$  приводятся к  
размерности  $m \times 7$ ,  $m = \max_l S$ ,

$l$  – количество кадров. Недостающие значе-  
ния принимаются нулевыми. Совокупность  
матриц  $X_l$  представляет собой многомер-  
ный временной ряд, анализируя который  
возможно решать задачу обнаружения изме-  
нений в видеоданных [6,7,10].

Принимаем в качестве начальных значе-  
ний

$$\beta(1) = \beta'(1) = 0.8, \quad r(1) = 1, \quad d_i(1) = 1, \quad T'_i(1) = 1,$$

$$\tilde{x}_1(1) = X_1, \quad x_1(1) = X_2.$$

Далее производим построение авторег-  
рессионной модели первого порядка, а также  
вычисляем ошибку идентификации и пара-  
метр сглаживания, используя процедуры (4)  
и (5) соответственно. В завершение строим  
график изменения параметра сглаживания.  
Изменение сцены фиксируются в тех участ-  
ках видеоданных, которые соответствуют  
существенным изменениям параметра  $\beta$ , на  
графике при этом наблюдаются скачки.

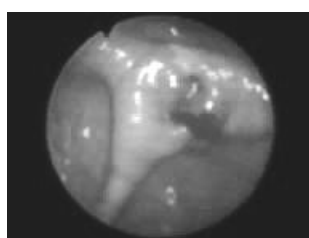
Рассмотрим результаты работы метода на  
примере медицинского видео, отображающего  
процесс лапароскопии. Технические характе-  
ристики видео: 480x360x24, 15fps.

На рис.2 (а, б) приведены кадры из исхо-  
дной видеопоследовательности, полученные  
на 24- и 25-й сек. Как видно из рисунков, в  
этот промежуток времени происходит изме-  
нение на сцене.

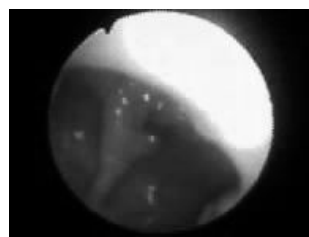
На рис. 3 приведен фрагмент графика (между 500-м и 700-м видеокадрами), отображающий существенные изменения параметра сглаживания именно в этот промежуток времени, т.е. между 600-м и 650-м кадрами.

В результате проведенных исследований можно утверждать, что предложенный метод позволяет отслеживать изменения сцены в исходных видеоданных путем анализа результатов сегментации отдельных кадров видеопоследовательности.

**Заключение.** В ходе работы был рассмотрен метод обработки видеоданных и обнаружения изменений в потоке видеок кадров – метод настраиваемой модели.



а



б

Рис. 2. Примеры видеок кадров из экспериментальной последовательности на 24-й (а) и 25-й (б) сек

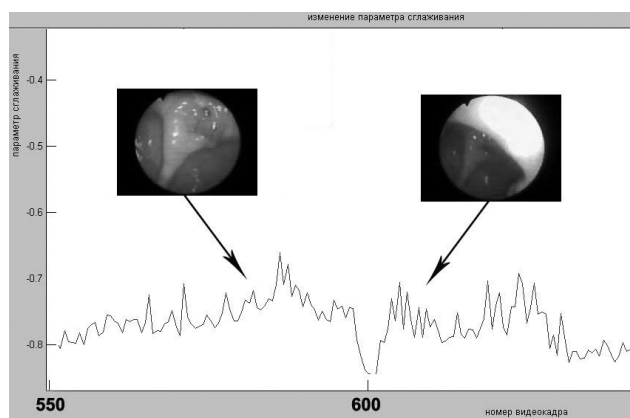


Рис. 3. График изменения параметра сглаживания

Была выполнена оптимизация алгоритма с помощью модели Тригга-Лича, применяе-

мой в адаптивных методах прогнозирования временных рядов. Это обеспечило повышенную способность системы к самообучению, что привело к более точным результатам обнаружения изменений в видеоданных.

В качестве путей дальнейшего развития данного подхода можно отметить возможность поиска ключевых кадров в анализируемой последовательности, что расширит возможности метода при его применении в слежении за объектами, монтаже различных телевизионных программ.

Помимо обнаружения моментов изменений сцены, можно добавить функциональность классификации или, по крайней мере, возможность ответа на вопрос, происходило ли подобное изменение сцены ранее. Кроме того, используя различные значения параметров сегментации, можно добиться более точного обнаружения изменений, поскольку для видеоданных различных характеристик и различного содержания оптимальные значения данных параметров будут отличаться.

Повысить точность работы метода можно также путём ввода дополнительных характеристик сегментов. Кроме того, изменяя начальное значение параметра сглаживания, можно варьировать диапазон его дальнейшего изменения. Повысить обучаемость и точность системы можно также, используя VAR модели более высокого порядка.

#### Список использованной литературы

1. Гребенюк Е. А. Обнаружение изменений свойств нестационарных случайных процессов / Е. А. Гребенюк // *Автоматика* – 2003. – № 12. – С.44–59.
2. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы прогнозирования временных рядов / Ю. П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 324с.
3. Никифоров И. В. Последовательное выявление изменений стохастических процессов / И. В. Никифоров // Преп.9-й МФБ/МФОИП симпозиума. "Идентификация и оценка параметров системы". – Будапешт: – 1991. – Т.1. – С.11–19.
4. Руденко О. Г. Адаптивный алгоритм прогнозирования случайных последователь-

ностей / О. Г. Руденко, Е. В. Бодянский, И. П. Плисс // *Автоматика*. – 1979. – № 1. – С. 54–57.

5. Изерман Р. Цифровые системы управления / Р. Изерман. – Москва: Мир, – 1984. 541 с.

6. Каминскас В. Последовательное обнаружение изменений параметров динамических объектов в процессе адаптивного управления / В. Каминскас, Д. Виткуте // *Статистические проблемы управления*. – 1988. – Вып. 83. – С. 187–191.

7. Краткий курс теории обработки изображений [Электронный ресурс] / М. И. Журавель – 2012. Режим доступа к ресурсу: <http://matlab.krasu.ru/imgprocess/index.html>

8. Бассвиль М. Обнаружение изменений свойств сигналов и динамических систем / М. Бассвиль. – М: Мир, 1989. – 278 с.

9. Воробейчиков С. Обнаружение изменения параметров авторегрессионных процессов с неизвестным распределением помех / С. Воробейчиков // *Статистические проблемы управления*. – 1988. – Вып.83. – С. 175–179.

10. Сноек Г. М. Concept-Based Video Retrieval / Г. М. Сноек. – Нью-Йорк: McYraw–Hill, 2009. – 311с.

Получено 25.06.2012

#### References

1. Grebenyuk E. Detection of changes in the properties of non-stationary random processes / E Grebenyuk // *Automation Control*. – 2003. – № 12. – P.44–59 [in Russian].

2. Lukashin Y.P. Adaptive methods of predicting short-term time series / Y. P. Lukashin – Moscow.: Finance and Statistics, 2003. –324 p. [in Russian].

3. Nikiforov I. Sequential detection of changes in stochastic processes / I. Nikiforov // *Prep. 9-th IFAC/IFORS Symp. “Identification and System Parameter Estimation”*– Budapest: – 1991. – V.1. – P.11–19 [in Russian].

4. Rudenko O. An adaptive algorithm for prediction of random sequences / O. Rudenko, E Bodyanskiy // *Automation* – 1979. – № 1. – P. 54–57 [in Russian].

5. Isermann R. Digital control system /R. Isermann.– Moscow: Mir, 1984. – 541 p. [in Russian].

6. Kaminskas V. Sequential detection of changes in the parameters of dynamic objects in the process of adaptive management / V. Kaminskas, D. Vitkute // *statistics management problems*. – 1988. – V.83. – P. 187–191 [in Russian].

7. A short course in the theory of image processing [electronic resource] / M. Zhuravel – 2012. Access mode to the resource: <http://matlab.krasu.ru/imageprocess/index.html> [in Russian].

8. Bassvil M. Detection of changes in the properties of signals and dynamical systems / M. Bassvil. – Moscow: 1989. – Mir, – 278 p. [in Russian].

9. Vorobeichikov S. Detection of changes in the parameters of autoregressive processes with an unknown distribution of the noise // *statistics management problems* / S. Vorobeichikov. – 1988. – V.83. – P.175–179 [in Russian].

10. Snoek G. M. Concept-Based Video Retrieval / G. M. Snoek. – New York: McYraw–Hill, 2009. –311 p. [ in English].



Гончаренко  
Мирослава Олеговна,  
студентка  
Харьковского нац. ун-та  
радиоэлектроники.  
Тел.: (096)4618838,  
[allegro2006@yandex.ru](mailto:allegro2006@yandex.ru)



Машталир  
Сергей Владимирович,  
к.т.н., доц. каф. информатики  
Харьковского нац. ун-та  
радиоэлектроники.  
Тел.: (050)5966299,  
[Mashtalir\\_s@kture.kharkov.ua](mailto:Mashtalir_s@kture.kharkov.ua)