



ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВАРИАНТНЫХ СВОЙСТВ ВИДЕО ОБЪЕКТОВ В АСУ ТП

А. Н. Трунов, Черноморский государственный университет им. Петра
Могилы, первый проректор, к.т.н., доцент, кафедра медицинских приборов и
систем

Аннотация. Рассмотрены особенности построения критериев обеспечивающих адекватное описание изображений. Исследованы закономерности поведения ротора и его маски в особых точках и на кривых различных видов, установлено наличие инвариантных свойств.

Ключевые слова: Инвариантные критерии, адекватное описание, ротор и маска в особых точках, инвариантные свойства.

Анотація. Розглянуто особливості побудови критеріїв, які забезпечують адекватний опис зображень. Досліджено закономірності поведінки ротора і його маски в особливих точках і на кривих різних видів, встановлено наявність інваріантних властивостей.

Ключові слова: Інваріантні критерії, адекватний опис, ротор і маска в особливих точках, інваріантні властивості.

Abstract. The features of the construction criteria to ensure an adequate description of the image. The regularities of the behavior of the rotor and the mask in specific locations and on different types of curves, established the existence of invariant properties.

Key words: Invariant criteria, an adequate description, rotor and a mask at the specific points, invariant properties.

Анализ последних исследований и публикаций. Современное состояние автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) в том числе и ранней диагностики, профилактики и лечения отличается широким применением 3D, видео - и вебтехнологий [1-4]. Проблема



получения, преобразования в цифровой поток в реальном масштабе времени, передачи и восстановлении без потерь долгое время сдерживала применение микрочипов массивов фотодиодов в цифровых видео системах, спектрометрах и сенсорной технике. Ее решение [11] открывает множество преимуществ при применении такого типа устройств. Другим подходом к общему сокращению потоков видео информации без потерь при восстановлении является ее сжатие [1-4]. Однако, существующие методы сжатия видеоданных являются малоэффективными, поскольку при высоких степенях сжатия существенно ухудшается их качество. Выделение динамической составляющей как показано в [3] позволяет достичь степени сжатия 2,5, а применение арифметического кодирования либо рекурсивного разбиения изображения с последующим сохранением в файл разности средних значений между соседними блоками увеличивает степень сжатия до 15 [4]. Дальнейшее округление значений содержащих большое количество знаков после запятой приводит к потере информации и ухудшению ее качества, которое при специальном подборе метрик может быть улучшено до 41 дБ [3]. Таким образом, дальнейшее совершенствование цифровых видео технологий, основанных на применении CMOS фотодиодных массивов, неотъемлемо связано с совершенствованием структуры конвектора для каждого пикселя, построенного на основе принципа нейронных сетей, использующих технологии встроенного тестирования и переустанавливаемого нейронного тренинга [5-11]. При этом, благодаря таким конвекторам, устройства в целом встраиваются в существующие видео и сенсорные системы, а их сигналы могут быть использованы параллельно в алгоритмах принятия решений. Последние могут расширить свои функции до параллельной обработки и сжатия информации на основе анализа с использованием критериев, являющихся инвариантами.

Главной неразрешенной проблемой является потеря качества при сжатии информации. Как показано в работах [10,11] применение технологий



сегментации цветных изображений, базирующейся на микрочипах с нейронносетевыми преобразователями открывает возможности ускорения обработки и использования эффективных алгоритмов принятия решений для их сжатия. В этой связи задача поиска новых теоретических подходов к формированию инвариантов и первичной обработке видео информации и специальн сформированных потоков является актуальной. Следует заметить, что успех в ее решении связан с общим состоянием теории адекватности. Существуют роботы, в которых анализируются разные виды критериев адекватности, позволяющих получить наилучшие результаты с точки зрения приближения. Для анализа сцен изображений в работе [7] приводятся некоторые из них, которые целесообразно использовать для описания статических объектов. Однако, там же и в последующих роботах, особенно при описании динамических систем [5-7], показывается, что обеспечить адекватность возможно, в случае удовлетворения сразу несколькими критериям [6].

Целью настоящей статьи является построение теоретических основ адекватного описания и сжатия видео информации.

Постановка задачи. Предположим, что содержание сцены задано по - пиксельно в виде матрицы значений некоторой функции F_{ij} , где соответственно обозначено i – номер строки, j – номер столбца. Введем необходимые обозначения отклонений и производных.

Отклонение от заданного значения:

$\Delta_{ij} = F_{ij} - \|F\|$, где F_{ij} - значение функции в точке, а $\|F\|$ - норма заданного значения.

Отклонение значения между двумя точками:

- по оси абсцисс: $\Delta_{xij} = F_{ij} - F_{ij-1}$;
- по оси ординат: $\Delta_{yij} = F_{ij} - F_{i-1j}$.

Среднее значение производной по направлению:



- $x : \nabla_{xij} = \frac{F_{ij} - F_{ij-1}}{x_{ij} - x_{ij-1}} ;$
- $y : \nabla_{yij} = \frac{F_{ij} - F_{i-1j}}{y_{ij} - y_{i-1j}} ;$
- $\bar{l} : \nabla_{ij} = \frac{F_{ij} - F_{ij-1}}{x_{ij} - x_{ij-1}} \frac{\bar{x}_{ij}}{|\bar{x}_{ij}|} + \frac{F_{ij} - F_{i-1j}}{y_{ij} - y_{i-1j}} \frac{\bar{y}_{ij}}{|\bar{y}_{ij}|} .$

Как было обозначено для каждой произвольной точки с координатами (i, j) возможны отклонения от нормы, а также возможны отклонения от ее значения в окружающих ее по периметру точках. Следует заметить, что кроме крайних рядов и крайних столбцов для всех пикселей таких точек всегда будет восемь. Возьмем на плоскости, за исключением крайних, точку. Введем понятие момента отклонения физической величины замеренной для данной точки, который может вычисляться относительно любой прилегающей точки (рис. 1). Общая формула определения момента отклонения физической величины точки ij относительно точки i + 1, j + 1 имеет вид:

$$M_{ij}^{i+1,j+1} = (F_{i+1,j+1} - F_{ij}) \sqrt{(x_{i+1,j+1} - x_{ij})^2 + (y_{i+1,j+1} - y_{ij})^2} , \quad (1)$$

где $F_{i+1,j+1}$ и F_{ij} – значение физической величины в соответствующих точках, а $y_{i+1,j+1}$ та $x_{i+1,j+1}$ – координаты точки i + 1, j + 1, а y_{ij} та x_{ij} – координаты точки ij .

i-1	i-1	i-1
j-1	j	j+1
i	i	i
j-1	j	j+1
i+1	i+1	i+1
j-1	j	j+1

Рис. 1. Точка и соседние с ней по периметру восемь точек

Найдем проекции моментов соседних по периметру точек :

$$M_{ij}^{ij+1} = (F_{ij+1} - F_{ij}) (x_{ij+1} - x_{ij}) - \text{для соседней точки справа};$$



$M_{ij}^{j-1} = (F_{ij-1} - F_{ij})(x_{ij-1} - x_{ij})$ - для соседней точки слева;

$M_{ij}^{i-1j} = (F_{i-1j} - F_{ij})(y_{i-1j} - y_{ij})$ - для соседней точки сверху;

$M_{ij}^{i+1j} = (F_{i+1j} - F_{ij})(y_{i+1j} - y_{ij})$ - для соседней точки снизу.

Возьмем на плоскости произвольную точку и осуществим обход по всем восьми прилегающим к ней по периметру точкам против часовой стрелки (рис. 2). Вычислим для центральной точки момент отклонения физической величины в

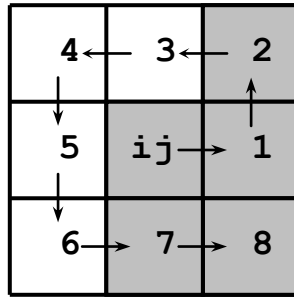


Рис. 2. Обход соседних точек:

соседних точках. В результате обхода получим восемь значений моментов и определим ротор точки

$$Rot = \frac{1}{F_{ij}} (M_{ij}^1 + M_{ij}^2 + M_{ij}^3 + M_{ij}^4 + M_{ij}^5 + M_{ij}^6 + M_{ij}^7 + M_{ij}^8),$$

(2)

где F_{ij} – значение функции у точке, а $M_{ij}^1...M_{ij}^8$ – моменты центральной точки относительно точек 1-8.

При использовании метода ротора целесообразно сохранять значения, а также результат сравнения в байт: результат сравнения значения физической величины в точке №1 с ее значением в прилегающей к точке ij – занесем в разряд 1, результат сравнения значения физической величины в точке №2 с ее значением в прилегающей также к точке

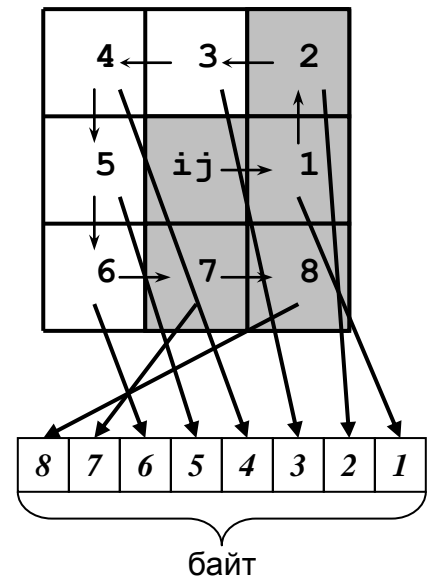


Рис. 3 Занесення результату порівняння до байту



ij - занесем в разряд 2 и т. д. (см. рис. 3) (примечание: нумерация разрядов в байте для удобства изложения материала будем вести от 1 до 8).

Анализ выражений для момента отклонения показывает для таких правильно упорядоченных пиксельных структур, что они с точностью до постоянного множителя приводятся к сравнению значений самой физической величины. Поэтому введем альтернативные соотношения для сравнения физической величины в точке и ее окружении.

1. Во-первых, будем сравнивать по следующему правилу $F_{i+k,j+l} \geq F_{ij}$, если неравенство выполняется, то результат сравнения логическая единица 1, иначе – 0. Псевдо языком сравнение выглядит таким образом:

ЕСЛИ $F_{i,j+1} \geq F_{ij}$ ТО $\varphi(1) = 1$ ИНАЧЕ $\varphi(1) = 0$,

ЕСЛИ $F_{i-1,j+1} \geq F_{ij}$ ТО $\varphi(2) = 1$ ИНАЧЕ $\varphi(2) = 0$,

ЕСЛИ $F_{i-1,j} \geq F_{ij}$ ТО $\varphi(3) = 1$ ИНАЧЕ $\varphi(3) = 0$,

ЕСЛИ $F_{i+1,j+1} \geq F_{ij}$ ТО $\varphi(4) = 1$ ИНАЧЕ $\varphi(4) = 0$,

где $\varphi(k)$ – k -тый разряд результирующего байта.

2. Во-вторых, возможно предварительно провести нормирование, то есть использовать формулу $F_{i+k,j+l}/F_{ij}$, в случае, если значение больше чем 1, приравниваем его равным логической единице - 1. Псевдоязыком это выглядит таким образом:

$\varphi(1) = F_{i,j+1}/F_{ij}$; ЕСЛИ $\varphi(1) > 1$ ТО $\varphi(1) = 1$,

$\varphi(2) = F_{i-1,j+1}/F_{ij}$; ЕСЛИ $\varphi(2) > 1$ ТО $\varphi(2) = 1$,

$\varphi(3) = F_{i-1,j}/F_{ij}$; ЕСЛИ $\varphi(3) > 1$ ТО $\varphi(3) = 1$,

$\varphi(4) = F_{i+1,j+1}/F_{ij}$; ЕСЛИ $\varphi(4) > 1$ ТО $\varphi(4) = 1$,

где $\varphi(k)$ – k -тый разряд результирующего байта.

Таким образом, мы получим алгоритм, представляющий описание изображения не только в точке (пикселе), но и ее окружении. Последнее позволяет проводить определение контуров на одном фрейме, а также сравнение



сцен фреймов не только поточно, а и в особых точках, определенных в процессе обучения на основании свойств как самого ротора так и специфики изображений обрабатываемых в прикладной задаче.

Свойства ротора в особых точках контура. Проведем исследование поведения ротора в некоторых точках контура. Рассмотрим однотонную фигуру ограниченную прямоугольником. К особым точкам в этом случае следует отнести четыре угловые точки и четыре точки в центрах сторон, когда изображение находится справа и слева снизу и сверху от линий контура. Введем дополнительное понятия ”незначащий разряд” и “маска ротора”.

Незначащий разряд – это разряд, в котором содержится значение логического нуля.

Маска ротора – однобайтное слово, в котором незначащие разряды заменяются знаком “*” (звездочка), а на месте значащих остаются “1”, которые определяют тип особой точки. Использование маски для сравнения значений ротора более наглядно. Особенно это подтверждается при распознавании особых точек по признаку ротора при проведении поиска в базе данных. Таким образом, если значение ротора “10011101” то в нем являются незначащими разряды 2-ой, 6-ой та 7-ой (нумерация с справа налево), то получим маску данного ротора “1**111*1”.

Ротор в угловых точках

Исследуем особенности поведения величины ротора в угловых точках 1-4 (рис. 4). Сравнение произведем по формуле $F_{i+k,j+l} \geq F_{ij}$, а результат представим в виде значений ротора и маски, которые занесем в таблицу 1

Таблица 1

Анализ значений ротора и маски в
угловых точках прямоугольника

<i>№ точки</i>	<i>Угол</i>	<i>Ротор</i>	<i>Маска</i>
1	верхний правый	01110000	* 111 ****
2	верхний левый	11000001	11 *****1
3	нижний левый	00000111	***** 111
4	нижний правый	00011100	*** 111 **

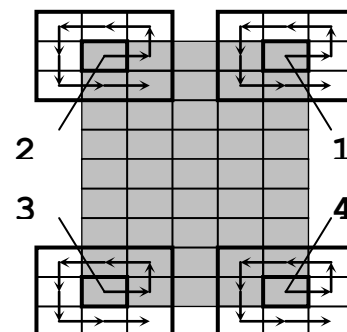


Рис. 5. Особенности
изображения в угловых точках

Как следует из данных табл. 1 каждое из значений ротора содержит три значащих разряда и пять не значащих в зависимости от толщины и дефектов в пересечении линий ротор точки может изменять некоторые разряды, аналогичное заключение относится и к поведению маски.

Ротор на горизонталях и вертикалях контура

Исследуем особенности поведения величины ротора на горизонталях и вертикалях контура (рис. 6), результаты занесем таблицу 2.

Таблица 2

Анализ значений ротора и маски в точках на горизонталях
прямоугольника

<i>№ точки</i>	<i>Прямая</i>	<i>Ротор</i>	<i>Маска</i>
5	правая вертикаль	01111100	01***100

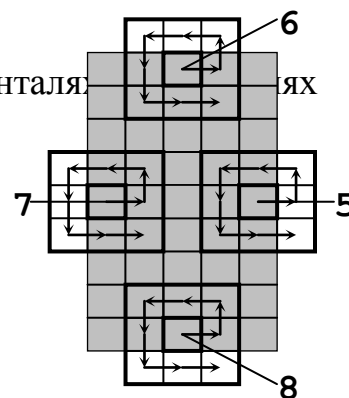


Рис. 6. Особенности
изображения в точках



6	верхняя горизонталь	11110001	***10001
7	левая вертикаль	11000111	*10001**
8	нижняя горизонталь	00011111	0001***1

Как следует из данных табл. 2 каждое из значений ротора содержит теперь пять значащих разряда и три не значащих в зависимости от толщины и дефектов линий ротор точки может изменять некоторые разряды, аналогичное заключение относится и к поведению маски.

Ротор вдоль прямых с разным наклоном и разной толщиной

Исследуем особенности поведения величины ротора в точках вдоль прямых разного наклона и толщины (рис. 7). Остановимся как на особенно характерных углах 30°, 45° та 60°

и трех толщинах линий в один, два и три пикселя. Сравнение произведем по формуле $F_{i+k,j+l} \geq F_{ij}$. Сначала исследуем прямую с углом наклона в 30° (рис. 7), а результат представим в виде значений ротора, которые занесем в табл.

Таблица 3

Анализ значений ротора вдоль прямой разной толщины с углом наклона в 30°

<i>Толщина, пикселей</i>	<i>№ точки</i>	<i>Ротор</i>	<i>Маска</i>
1	9	00010010	***1**1*
	10	00100010	**1***1*
	11	00100001	**1****1
2	12	01110011	*111**11

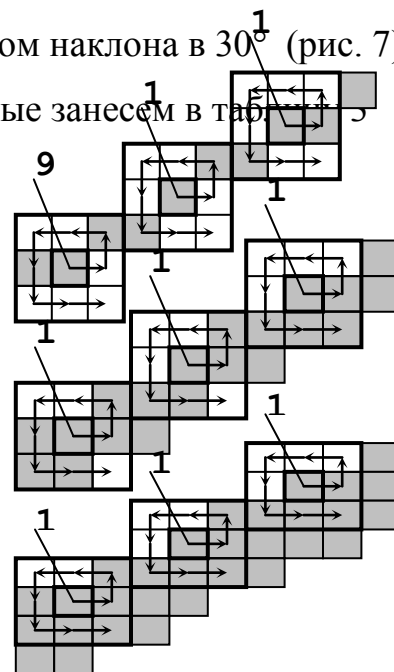


Рис. 7. Особенности изображения наклонной прямой (30°) разной толщины



	13	01100011	*11***11
	14	11100001	111****1
3	15	11110011	1111**11
	16	11100011	111***11
	17	11100001	111****1

Как видно из рис. 7 и табл. 3 вдоль наклонных прямых ротор и маска не сохраняет своего значения, однако при этом не зависимо от толщины прямых соблюдается строгая периодичность повторения отдельных свойств, как ротора, так и его маски.

Так например, из табл. 3 видно, что независимо от толщины линий возрастание на один разряд наблюдается строго периодически от точки к точке, причем с периодом в три точки, повторяется количество незначащих разрядов между двумя старшим и младшим значащими разрядами. Этот признак определяется только углом наклона прямой.

Исследуем изображение прямой наклоненной под углом в 45° (Рис. 8), а результаты занесем в табл. 4

Как видно из рис. 8 и табл. 4 вдоль наклонных прямых ротор и маска не сохраняет свое значение, однако при этом не зависимо от толщины прямых также соблюдается строгая периодичность повторения отдельных свойств, как ротора, так и его маски. Так, например, сохраняется независимо от толщины линий между старшим и младшим существенными разрядами количество несущественных разрядов равное трем.

Таблица 4

Анализ значений ротора вдоль
прямой разной толщины с углом наклона в 45°



<i>Толщина, пикселей</i>	<i>№ точки</i>	<i>Ротор</i>	<i>Маска</i>
1	18	00100010	**1***1*
2	19	01100011	*11***11
3	20	11100011	111***11

Исследуем изображение прямой наклоненной под углом в 60° (Рис. 9), а результаты занесем в табл. 5

Как видно из рис. 9 и табл. 5 вдоль наклонных прямых ротор и маска не сохраняет свое значение, однако при этом не зависимо от толщины прямых также соблюдается строгая периодичность повторения отдельных свойств, как ротора, так и его маски. Так, например, сохраняется независимо от толщины линий между старшим и младшим существенными разрядами строгая периодичность повторения числа несущественных разрядов, которое уменьшается от точки к точке на один с периодом равным трем. Следует также отметить, что по отношению к этому признаку наблюдается свойство антисимметричности по отношению к прямой наклоненной под углом в 45° . Продолжая исследование поведения ротора и соответствующей маски вдоль наклонных прямых под тупыми углами можно обнаружить аналогичные свойства. Таким образом, поведение ротора и соответствующей маски позволяет генерировать

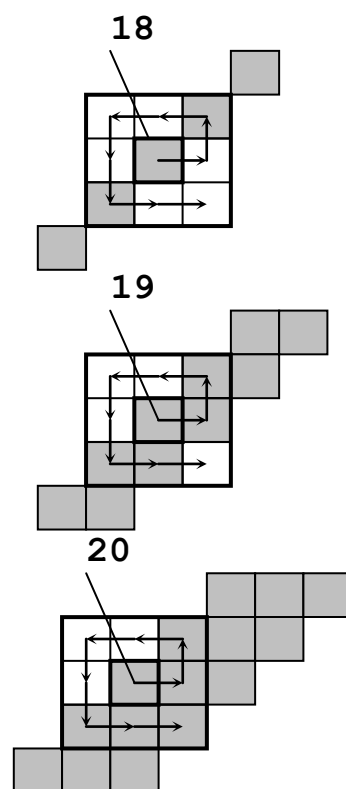


Рис. 8. Особенности изображения наклонной (45°) прямой разной толщины

свойства, инвариантно определяющие особые точки и наклонные прямые, следовательно, в процессе обучения можно создать соответствующие маски, поведение которых инвариантно определит угол наклона прямой и особые точки контурных изображений.

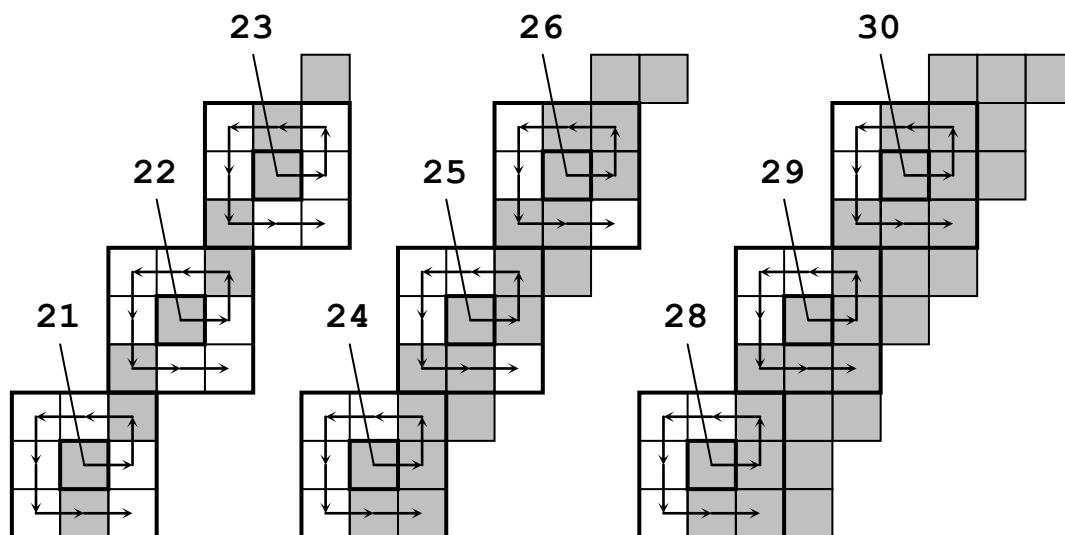


Рис. 9. Особенности изображения наклонной (60°) прямой разной толщины

Таблица 5

Анализ значений ротора вдоль прямой разной толщины с углом наклона в 60°

<i>Толщина, пикселей</i>	<i>№ точки</i>	<i>Ротор</i>	<i>Маска</i>
1	21	01000010	*1****1*
	22	00100010	**1****1*
	23	00100100	**1**1**
2	24	11000011	11****11
	25	01100011	*11****11
	26	01110011	*111**11



3	27	11000011	11****11
	28	11100011	111***11
	29	11100111	111**111

Ротор вдоль лучей углов

Как известно, угол образовывается двумя лучами, то есть наклонными прямыми, в вершине которого ротор и, соответственно, маска изменит свои свойства скачком, что и будет определено как особая точка, а величина ротора в ней позволит установить величину угла.

Обсуждение результатов моделирования.

В результате моделирования генерировались и исследовались особенности созданных искусственно изображений. При этом было положено, что известна некоторая физическая величина F и ее норма $\|F\|$, также предположение о существовании конвектора, который преобразовывает ее в аналоговый и цифровой сигнал с высокой степенью повторяемости от пикселя к пикселю [11]. Существование однозначных закономерностей в изменении свойств, предложенных величин ротора и маски позволяет изучать не все изображение фрейма, а только его динамическое изменение в особых точках во времени. В случае принятия решения о изменениях которые не содержат новых информационных изменений данный фрейм не передается, что в свою очередь приводит к общему сокращению потока информации. Установленные теоретические закономерности могут быть использованы для расчетов, в которых в качестве величин двух логических единиц приняты две нормы :

- норма, определенная по поверхности объекта ;
- норма, определенная по фону.

Применение в этом случае цифрового конвектора с двумя уровнями логических единиц позволит очертить изображение контрастными контурами, если



использовать дополнительно в качестве логической единицы второго уровня разряды обозначенные в масках звездочкой

Выводы. 1. Предложенный подход открывает возможность восстанавливать характеристики изображения в девяти точках по одной величине значения ротора, строить контурные изображения, устанавливать тип кривых на контурных кривых, находить, особые точки. 2. Предложенная методика позволяет устанавливать и другие закономерности поведения ротора и маски применительно к особенностям специальных систем.

Список использованной литературы.

1. Ватолин Д. Методы сжатия данных / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: «Диалог-МИФИ», 2003. – С. 338-361.
2. Рябенский В. М. Уменьшение объёма потока видеоданных методом выделения динамической составляющей / В. М. Рябенский, В. О. Анзин // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2010. – № 2 (38). – С. 314-318.
3. Рябенский В. М. Модель комплексной объективной оценки качества видеоизображения в Simulink / В. М. Рябенский, В. О. Анзин // Проблемы информационных технологий. – 2009. – № 2 (006). – С. 116-121.
4. Щенников С. Сети передачи видеоданных и перспективы их развития // Телевидение и радиовещание. – 2004. – № 8.
5. Трунов О. М. Застосування методу рекурентної апроксимації до задач підвищення точності та безвідмовності систем керування // Науково-методичний журнал. – т. 35, вип. 22, МДГУ ім. Петра Могили, Миколаїв. – 2004. – С. 93-101.
6. Трунов О. М. Адекватність моделі як задача багатокритеріальної апроксимації. – Зб. наукових праць НУК, Миколаїв. – 2008. – № 1 (418). – С. 38-44.



7. Trounov A. N. Mathematical aspects of image recognition. Proc. Of International technology 90, Szezecin, Poland, 1990. – C. 479-493.
 8. A. Trunov and M. Polycarpou, “Automated Fault Diagnosis in Nonlinear Multivariable Systems Using a Learning Methodology”, IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 11, no. 1, pp. 91-101, January 2000.
 9. M. Polycarpou and A. Trunov, “Learning Approach to Nonlinear Fault Diagnosis: Detectability Analysis”, IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 45, no. 4, pp. 806-812, April 2000.
 10. A. Vemuri, M. Polycarpou and A. Ciric, “Fault Diagnosis in Differential-Algebraic Systems”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans, vol. 31, no. 2, pp. 143-152, March 2001.
 11. E. Fiesler, T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
1. E. Fiesler, T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 2. E. Fiesler, T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 3. E. Fiesler, T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 4. E. Fiesler, T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 5. E. Fiesler, T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)



6. ler, T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
7. er, T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
8. r, T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
9. , T. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
10. Duong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
11. uong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
12. ong, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
13. ng, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
14. g, A. Trunov, “Design of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)



15., A. Trunov, "Design of neural network-based microchip for color segmentation", IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)

A. Trunov, "Design of neural network-based microchip for color segmentation", IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)

16.runov, "Design of neural network-based microchip for color segmentation",

17.unov, "Design of neural network-based microchip for color segmentation",

18.nov, "Design of neural network-based microchip for color segmentation", IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)

19.ov, "Design of neural network-based microchip for color segmentation", IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)

20.v, "Design of neural network-based microchip for color segmentation", IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)

21., "Design of neural network-based microchip for color segmentation", IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)

22. "Design of neural network-based microchip for color segmentation", IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)

23.Design of neural network-based microchip for color segmentation", IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)

24.esign of neural network-based microchip for color segmentation", IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)



25. sign of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
26. ign of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
27. gn of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
28. n of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
29. of neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
30. f neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
31. neural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
32. eural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
33. ural network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
34. ral network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
35. al network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
36. l network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)



37. network-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 38.etwork-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 39.twork-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 40.work-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 41.ork-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 42.rk-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 43.k-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 44.-based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 45.based microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 46.ased microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 47.sed microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 48.ed microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 49.d microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
50. microchip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)



51. crochip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
52. rochip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
53. ochip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
54. chip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
55. hip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
56. ip for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
57. p for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
58. for color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
59. or color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
60. r color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
61. color segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
62. olor segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
63. lor segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
64. or segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
65. r segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)



66. segmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 67.egmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 68.gmentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 69.mentation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 70.entation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 71.ntation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 72.tation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 73.ation”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 74.tion”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 75.ion”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 76.on”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 77.n”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 78.”, IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
- 79., IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
80. IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)



81. IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
82. IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
83. IEEE Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
84. E Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 - A. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
85. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
86. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
87. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
88. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
89. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
90. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
91. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
92. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
93. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
94. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
95. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
96. Transactions on Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)



97. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
98. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
99. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
100. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
101. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
102. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
103. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
104. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
105. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
106. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
107. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
108. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
109. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
110. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
111. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
112. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
113. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
114. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
115. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
116. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 - A. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 - B. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 - C. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 - D. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 - E. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)
 - F. Intelligent Optical Systems. Proceedings of SPIE 4055, pp. 228-238, (2000)