

*к.т.н. Захожай О.И., Дубовик В.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина, zoi@bk.ru)*

ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУР ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

В статті розглядається можливість зниження часової складності процесу високошвидкісної обробки зображення за рахунок використання методу динамічного змінення деталізації. Перетворення бітової площини зображення здійснюється на основі пірамідальної моделі представлення зображення і використання нерекурсивного цифрового фільтру з кінцевою імпульсною характеристикою.

Ключові слова: *високошвидкісна обробка зображень, динамічне змінення деталізації, нерекурсивні цифрові фільтри, пірамідальна модель зображення.*

В статье рассматривается возможность снижения временной сложности процесса высокоскоростной обработки изображения за счет применения метода динамического изменения детализации. Преобразование битовой плоскости изображения осуществляется на основе пирамидальной модели представления изображения и применения нерекурсивного цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой.

Ключевые слова: *высокоскоростная обработка изображений, динамическое изменение детализации, нерекурсивные цифровые фильтры, пирамидальная модель изображения.*

Введение.

Область компьютерного зрения, на сегодняшний день, находит широкое применение в различных сферах жизнедеятельности человека и технических системах различного назначения [1-3]. Методы и средства обработки визуальной информации находят применения в широком спектре выполняемых задач, начиная от обработки изображений в обычных цифровых видео и фотокамерах, и заканчивая сложным, многокомпонентным анализом в технических системах диагностики и управления, где, на основе анализа входного потока визуальной информации, осуществляется выделение и классификация информативных признаков, синтез и восстановление визуальных данных, а также определение различных характеристик анализируемых объектов [4-7]. Значительную часть современных систем распознавания образов невозможно представить без подсистем обработки визуальной информации.

Совершенствование методов и алгоритмов анализа и обработки визуальной информации создает благоприятные условия

для широкого применения систем обработки видеоинформации для анализа быстропротекающих процессов. В этом случае, системы технического зрения позволяют не только осуществить регистрацию информации, которая не может быть воспринята биологической зрительной системой человека, но и произвести ее интеллектуальный анализ в режиме реального времени.

Одной из областей применения высокоскоростной обработки видеоизображения является анализ разнообразных потоков жидкостей и газов. Течения сплошных сред наблюдаются не только в окружающем нас мире (потоки воздуха в атмосфере, круговорот воды в природе), но и в различных технических системах (аэродинамические течения, газопроводы, водопроводы и др.). Достаточно часто, такие процессы носят сложный характер, характеризующийся неравномерностью поля скоростей, нестационарностью и турбулентностью. В таких условиях, эффективное изучение динамики таких потоков невозможно без применения современных технических средств, позволяющих не только ви-

зуализировать поток, но и определить его характеристики, конфигурацию и динамику. С этой целью, актуальным является применение средств технического зрения, со специальными алгоритмами обработки видеоданных.

Обработка видеoinформации о потоке сплошных сред связана с двумя основными задачами:

- обеспечение высокой достоверности анализа видеoinформации и определения информативных признаков;
- снижение временной сложности процесса анализа, что позитивно влияет на возможность увеличения частоты кадров, и как следствие, расширения диапазона регистрируемых скоростей.

Однако комплексное решение этих задач связано со значительной сложностью, так как увеличение достоверности анализа, как правило, приводит к увеличению временной сложности, а снижение временной сложности и упрощение алгоритмов анализа негативно влияет на достоверность.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что разработка новых методов и средств повышения достоверности анализа видеоизображения с одновременным снижением временной сложности, является актуальной научно-технической задачей.

Анализ вопроса и постановка задачи.

На рисунке 1 приведена обобщенная структура системы обработки визуальной информации [7].

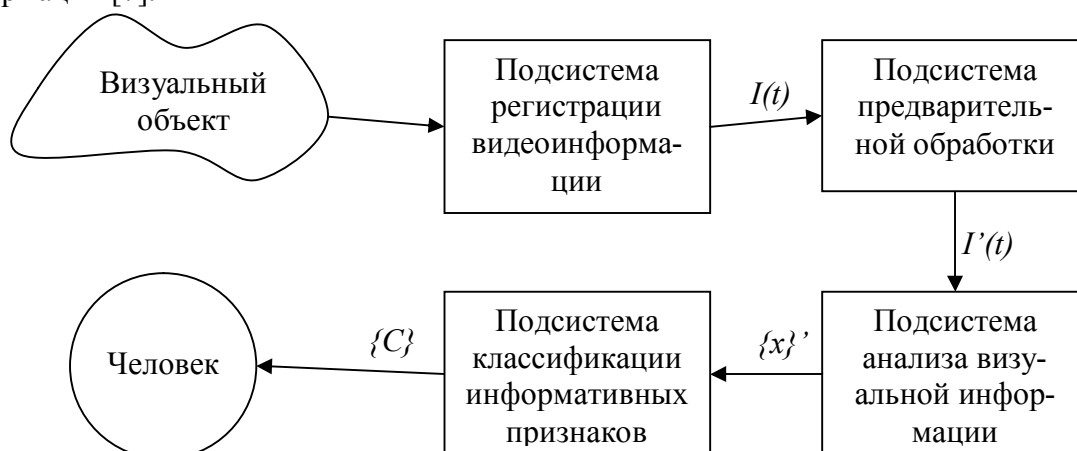


Рисунок 1 – Обобщенная структура системы обработки визуальной информации

В соответствии с приведенной обобщенной структурой, визуальный образ, информация о котором подлежит обработке, фиксируется подсистемой регистрации видеoinформации. В результате, на подсистему предварительной обработки поступает информационный поток видеоданных $I(t)$. Подсистема предварительной обработки обеспечивает трансформацию изображения с целью подчеркивания наиболее информативных аспектов, что на последующих этапах позволяет упростить анализ видеоданных. В результате предварительной обработки, на вход подсистемы анализа визуальной информации поступает трансформированный поток данных $I'(t)$:

$$I'(t) = F(I(t)), \quad (1)$$

где F – некоторый функционал, определяемый целевой функцией пиксельного преобразования.

Подсистема анализа визуальной информации определяет некоторое множество информационных признаков $\{x\}$ и на основании заданного критерия G определяет подмножество информативных признаков $\{x\}' \subset \{x\}$ причем $\{x|G\}'$. Такая селекция информативных признаков позволяет уменьшить размерность информационного поля анализа и, как следствие, снизить временную сложность последующего этапа классификации. Критерий G определяется априорно и зависит от целевой функции обработки видеоизображения.

Подсистема классификации информативных признаков по имеющемуся множеству $\{x\}$ осуществляет соотнесение информационного образа наблюдаемого визуального объекта к совокупности классов $\{C\}$. Результат классификации представляется человеку для последующего принятия решения.

При высокоскоростной обработке видеоизображения сложность эффективной реализации системы обработки визуальной информации связана со значительно перегруженным (вследствие большого количества кадров изображения, передаваемых в единицу времени) входным информационным полем, что негативно сказывается на временной сложности процесса анализа. Для снижения временной сложности целесообразна реализация специальных методов и средств предварительной обработки с целью исключения менее информативных данных из последующего анализа.

Решение задачи.

Для снижения временной сложности процесса определения векторов скоростей изменения элементов изображения предлагается применение метода динамического уменьшения детализации изображения. При этом на этапе предварительной обработки $I'(t)$ будет формироваться с меньшей детализацией. Оставшиеся характерные элементы изображения будут использоваться как базовые для определения векторов скоростей.

Для изменения детализации, изображение подвергается сегментации на элементарные окна, размер которых определяет

результующий уровень детализации. Допустим, что система компьютерного зрения регистрирует перемещение точки из положения A в положение B (рисунок 2). При этом точность определения проекций составляющих вектора скорости ΔX и ΔY на плоскость наблюдения будет находиться в зависимости от размеров элементарного окна сегментации dX и dY .

Очевидно, что при увеличении скорости перемещения, за один и тот же промежуток времени, точка B будет находиться на большем расстоянии от точки A . При этом проекции составляющих вектора скорости ΔX и ΔY будут увеличиваться. Если задать условием, что точность определения вектора скорости остается неизменной, то можно сделать вывод, что большим значениям ΔX и ΔY должны соответствовать большие значения dX и dY . Отсюда следует, что при увеличении скорости, размер элементарного окна сегментации может быть увеличен, что фактически приведет к уменьшению детализации изображения и снижению временной сложности его обработки.

В качестве критерия определения уровня детализации, для заданной точности определения скорости, предлагается применить соотношения:

$$G_X = \frac{\Delta X}{dX}, \quad (2)$$

$$G_Y = \frac{\Delta Y}{dY}. \quad (3)$$

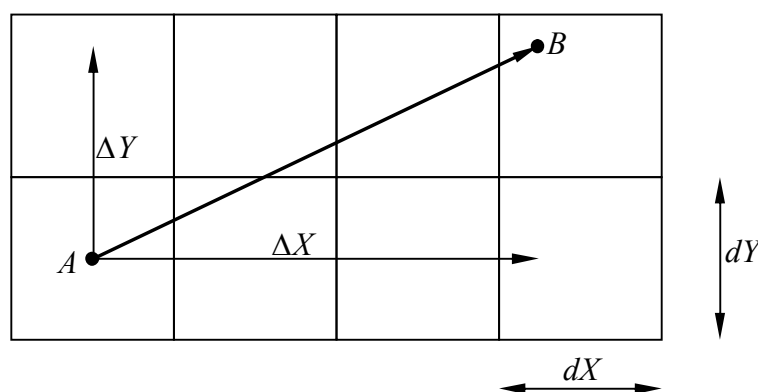


Рисунок 2 – Сегментация изображения при определении вектора скорости перемещения точки из положения A в положение B

В случае применения однородного конечномерного пространства и с целью упрощения алгоритма динамического определения уровня детализации, справедливо сделать следующее допущение:

$$dX = dY \quad (4)$$

Тогда обе характеристики G_X и G_Y являются равнозначными.

$$G_X \approx G_Y \approx G \quad (5)$$

Для реализации метода динамического изменения детализации, предлагается пирамидальная модель представления изображения, приведенная на рисунке 3.

В соответствии с пирамидальной моделью, увеличение скорости приводит к уменьшению уровня детализации. Тогда, в любой момент времени, можно определить параметры элементарного окна сегментации dX и dY в соответствии с критерием G , что приведет к переходу к одному из N уровней детализации. Таким образом, основания пирамиды, фактически, символизируют выбранный уровень детализации изображения при заданных параметрах точности определения векторов скоростей.

Для реализации метода динамического изменения сегментации изображения предлагается применение структур цифровых фильтров. Из двух глобальных классов цифровых фильтров: нерекурсивных с конечной импульсно-фазовой характеристикой и рекурсивных с бесконечной импульсно-фазовой характеристикой, с учетом необходимости минимизации затрат времени на обработку, предлагается применение первого класса. К тому же, в нерекурсивных цифровых фильтрах с конечной импульсно-фазовой характеристикой фазовая характеристика линейна.

Нерекурсивные цифровые фильтры с конечной импульсно-фазовой характеристикой описываются следующим выражением [5]:

$$y(n) = \sum_{i=0}^N b_i x(n-i), \quad (6)$$

где $y(n)$ – сигнал на выходе фильтра;
 $x(n)$ – сигнал на входе фильтра;
 b_i – коэффициенты фильтра.

Таким образом, задача синтеза такого цифрового фильтра сводится к вычислению коэффициентов b_i .

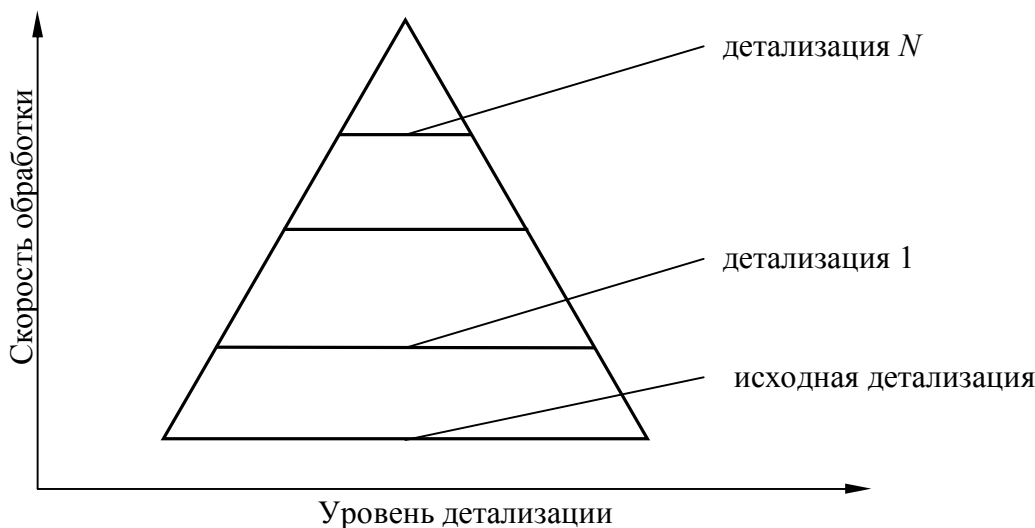


Рисунок 3 – Пирамидальная модель представления изображения

С учетом, того, что применяемый цифровой фильтр не рекурсивный, то разностное уравнение не будет содержать рекурсивной части:

$$y(k) = \sum_{m=0}^k b_m x(n - m). \quad (7)$$

Выражение (7) получается из выражения (6) при $a_0=1$ и $a_m=0, m>0$.

Структура нерекурсивного цифрового фильтра с конечной импульсно-фазовой характеристикой приведена на рисунке 4.

Фильтр порядка N содержит N линий задержки и $N+1$ коэффициент. Если коэффициент $b_0=1$, то получается фильтр порядка N , у которого умножение на $b_0=1$ будет тривиальным. Импульсная характеристика, соответственно, всегда конечна и полностью совпадает с коэффициентами фильтра.

Выводы.

1. Для снижения временной сложности процесса высокоскоростной обработки видеоизображений предложен метод динамического изменения детализации изображений.

2. Было установлено, что для реализации метода динамического изменения детализации рационально использование пирамидальной модели представления изображения.

3. Для реализации метода динамического изменения детализации изображения предложено применение цифровых фильтров.

4. Обосновано, что для высокоскоростной обработки изображения целесообразно применение нерекурсивных цифровых фильтров с конечной импульсно-фазовой характеристикой. Данная концепция обеспечивает наиболее рациональное использование вычислительных ресурсов, обеспечивая высокую скорость обработки изображения с сохранением информативных элементов изображения.

5. В плане дальнейших исследований является необходимым изучение оптимальных соотношений уровня детализации, скорости обработки и порядка цифрового фильтра для различных изображений. Кроме того, требует дальнейшего изучения вопрос выбора рациональных значений частоты дискретизации с целью получения необходимой устойчивости фильтра.

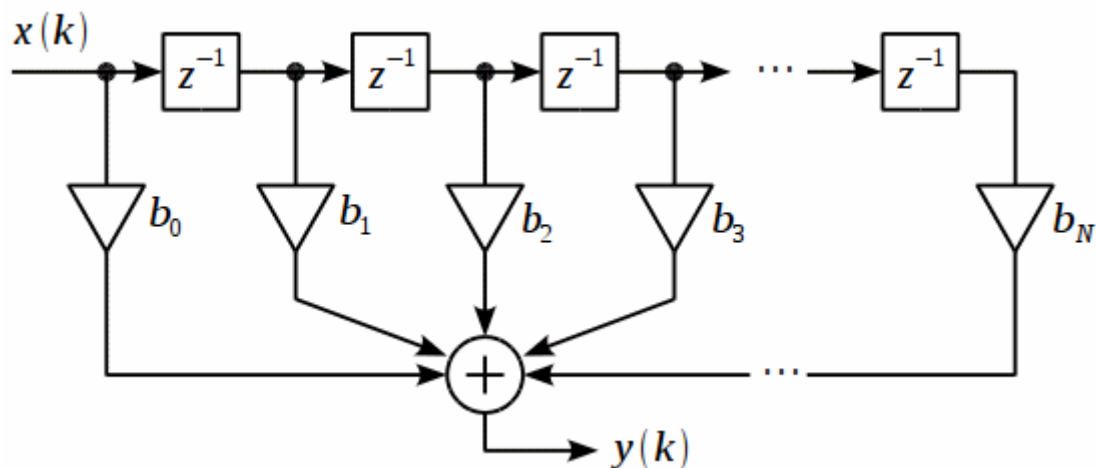


Рисунок 4 – Структура не рекурсивного цифрового фильтра с конечной импульсно-фазовой характеристикой

Библиографический список

1. Aho A. *The Design and Analysis of Computer Algorithms* / A. Aho, J. Hopcroft, J. Ullman. – Addison-Wesley, 2004. – P. 1037-1046.
2. Canny J. *The Complexity of Robot Motion Planning* / J. Canny. - MIT Press, 2008. – 814 p.
3. Ponce J. *Relative Stereo and Motion Recognition* / J. Ponce, J. Brady, D. Marimont. – Technical Report UIUC-BI-AI-RCV-03-07: Beckman Institute, University Illinois, 2003. – 452 p.
4. Zakhochay O. *Combined Systems of Patterns Recognition* / O. Zakhochay, Yu. Paerand. Vinnytsa: VSTU, 2012. – P. 241–242. (*Measurement and control in complex systems*).
5. Рябенський В.М. *Комбіновані системи розпізнавання образів* / В.М. Рябенський, О.І. Захожай. Херсон: ХНТУ, 2011. – С. 156–160. (*Журнал «Проблеми інформаційних технологій»; № 01(009)*).
5. Feldman J. *Perceptual grouping by selection of a logically minimal model* / J. Feldman. *Int. J. Computer Vision*, 2003. Vol. 55. No. 1. – P. 5–25.
6. Захожай О.І. *Інформаційна технологія розпізнавання образів при аналізі температурного режиму коксових печей* / О.І. Захожай. - Одеса: ОНПУ, 2009. – С.77.; (*Труди 10-ої міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології – 2009»*).
7. Захожай О.І. *Основні аспекти структурної організації комбінованих систем розпізнавання образів* / О.І. Захожай, Ю.Е. Паеранд. - Херсон: ХНТУ, 2012. – С.221–225.; (*Вестник Херсонського національного технічного університета; №1(44)*).

Рекомендована к печати к.т.н., проф. Паэрандом Ю.Э.