

УДК 519.7, 520.6

ОПЕРАТИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ НАБЛЮДАЕМОЙ СЦЕНЫ ЛОГИЧЕСКИМ ВЫЧИТАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Котцов В.А., научный сотрудник Института космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), e-mail: vladkott@mail.ru;*

Котцов П.В., инженер-программист ИКИ РАН, e-mail: kot_scorp@mail.ru.

RAPID DETECTION OF CHANGES IN THE OBSERVED SCENE BY LOGICAL SUBTRACTION OF DIGITAL IMAGES

Kottsov V.A., Kottsov P.V.

The possibility of operative determination of changes in the composition or state of objects observed on a pair of digital images by their parallel logical subtraction in the stream mode is shown.

Key words: operational comparison, differentiation, multi-channel observation, logical subtraction, stream processing.

Ключевые слова: оперативное сравнение, выделение различий, многоканальное наблюдение, логическое вычитание, потоковая обработка.

Показана возможность оперативного определения изменений состава или состояния объектов, наблюдаемых на паре цифровых изображений, методом их параллельного логического вычитания в потоковом режиме.

Введение

Видеоинформационные системы сравнения изображений широко используются для наблюдения за изменением природной среды, для контроля качества продукции, обеспечения безопасности территории, выявления патологических изменений в организме, управлении движением, выявления фальсификации и многих других приложений. Многие процессы получения необходимой видеоинформации связаны со сравнением пары изображений, во многих случаях важна оперативность получаемого результата. Это могут быть снимки, полученные в разное время, при разных условиях, в разных ракурсах, и их информационное содержание определяется этими различиями. Широкое распространение видеоинформационных технологий, их использование в самых различных областях, постоянное увеличение объемов решаемых задач, делает необходимым повышение эффективности применяемых технологий. В том числе и повышения оперативности контроля изменения состояния наблюдаемых объектов или содержания сцен.

Известно множество решений подобных задач, которые используют в различных приложениях. Предлагается решение на уровне логических операциях с цифровым сигналом, которое обладает простыми технологическими особенностями, обеспечивая при этом высокое качество и оперативность получаемого результата.

Арифметическое использование логических операций для цифровых изображений

В операциях с цифровыми изображениями широко используют цифровые процессоры, обладающие большими вычислительными возможностями, но которые не всегда обеспечивают наиболее эффективный результат. Сравнение изображений может выполняться про-

цессором на первый взгляд простой арифметической операцией вычитания. Однако, при ближайшем рассмотрении последовательности операций, ее выполнение компьютерными системами при сравнении сигналов оказывается не таким простым [1]. Известно также, что арифметика и логика являются двумя математическими областями, действия которых для бинарных сигналов дают эквивалентные решения. Это широко используется в структурах компьютерных подсистем [2].

Квантованное цифровое изображение можно представить как трехмерный многослойный массив, сформированный в виде наложения набора слоев бинарных изображений, соответствующих каждому из выделенных уровней квантования. Это позволяет рассматривать составляющие цифровых изображений на каждом квантованном уровне, как логические сигналы. С этими логическими сигналами в каждом выделенном квантованном слое можно выполнять логические операции. Такое использование цифрового представления видеоинформации имеет свое преимущество.

Для прямого выполнения логических операций имеются соответствующие электронные компоненты, в то время как для выполнения арифметических операций приходится организовывать в процессорах различные, не всегда простые схемы. Кроме того, важной особенностью использования логических операций является их прямое выполнение в потоковом режиме. В то время, как при арифметическом выполнении процедур над цифровым сигналом необходимо предусматривать дополнительные операции для контроля переполнения, запоминания и переноса сигнала. При большом объеме вычислений это приводит к непредвиденным задержкам и неравномерности скорости обработки сигналов.

Как было показано нами ранее, применение логических операций позволяет создавать простые эффектив-

ные решения для реализации различных видеоинформационных систем [3]. В статье была описана возможность и эффективность выполнения операции сложения цифровых изображений логическими операциями. Поскольку суммирование логических сигналов выполняется в потоковом режиме, то такое техническое решение предложено использовать для оперативного увеличения динамического диапазона в сложных условиях наблюдения. Результат достигается путем сложения изображений, полученных на разных участках динамического диапазона. Однако, такой же подход может быть применен и при компиляции составного изображения из видеоинформации, получаемой в разных зонах спектра при дистанционном зондировании с целью повышения распознаваемости и других аналогичных задач, требующих сложения сигналов цифровых изображений.

Технология выполнения такого решения для операции сложения заключается в дополнении квантованных уровней одного изображения квантованными уровнями второго изображения, а затем выполнения логического суммирования бинарных значений между всеми парами квантованных уровней этой структуры операциями И и ИЛИ. Очевидно, что для получения окончательного результата необходимо выполнить сортировку размещения бинарных значений по уровням квантования. Схемное решение последовательности выполнения этих операций для сортировки, предложенное О.А. Ханджяном [4], обеспечивает выполнение необходимых процедур перемещения единичных значений сигналов на нижние уровни.

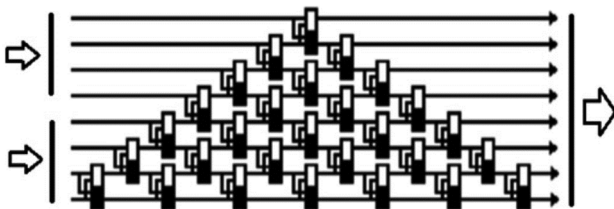


Рис. 1. Схема логического суммирования изображений на двоенных логических элементах И (черные) и ИЛИ (белые)

На рис. 1 показана описанная схема выполнения операций суммирования, организованная на логических элементах И (черные) и ИЛИ (белые), для двух цифровых изображений при четырех уровнях квантования.

В статье также приведен пример выполнения этой операции в эксперименте. В нем наглядно показано, что получаемое изображение обладает более высоким качеством, чем каждое из исходных изображений. Число одновременно складываемых изображений может быть несколько, что расширяет область применения. При этом число градаций увеличивается пропорционально числу складываемых изображений. В отличие от арифметического сложения, выполнение эквивалентной операции логическими функциями не требует при своем выполнении накоплений и переноса, что позволяет осуществлять ее выполнение оперативно, в потоковом режиме.

Сравнение цифровых изображений логическим вычитанием

Для оперативного определения изменений наблюдаемой сцены по последовательно полученным цифровым изображениям можно произвести их вычитание. Однако, выполнение арифметической операции вычитания цифровых изображений в процессоре имеет те же недостатки, что и сложение. Кроме того, для отображения полученного результата в виде изображения возникает дополнительная трудность из-за вероятности появления при вычитании отрицательных значений. Это, конечно, существенно затруднит анализ полученного результата. Чтобы выполнить сравнение двух изображений, оперируя только положительными числами, можно одно из них инвертировать, преобразовать в негативное, а затем сложить. В этом случае области с эквивалентными значениями сигналов будут нейтрализованы.

Известно, что для бинарных сигналов операция инвертирования производится выполнением логической операции НЕ. Следовательно, мы можем применить эту операцию для составляющих одного из сравниваемых изображений на каждом из его квантованных уровней. Таким образом, одно из сравниваемых изображений будет представлено в инвертированной форме. После этого выполняется описанная процедура логического суммирования двух изображений.

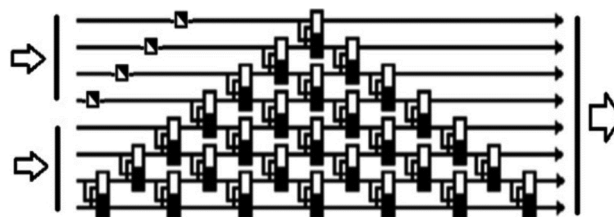


Рис. 2. Схема логического вычитания пары изображений на двоенных логических элементах И (черные) и ИЛИ (белые), с инвертированием на входе по уровням квантования одного изображения логическим элементом НЕ

На рис. 2 представлена описанная схема выполнения такой операции вычитания с инвертированием одного из сравниваемых изображений выполнением логической операции НЕ по уровням квантования и последующим сложением полученных данных известной схемой на двоенных логических элементах И и ИЛИ.

Очевидно, что для цифровых изображений работа со значениями на квантованных уровнях с помощью простых логических операций значительно упрощает обработку сигналов. Нет необходимости учитывать переполнение и перенос разряда, следовательно, нет промежуточного запоминания и переноса, то есть процедура обработки может выполняться в темпе поступления видеоинформации. Более того, скорость обработки данных даже увеличивается по сравнению с процессорной и остается постоянной. Сформированный в результате сравнения видеосигнал будет иметь число уровней квантования соответственно суммарному числу уровней сравниваемых изображений, что обеспечивает также по-

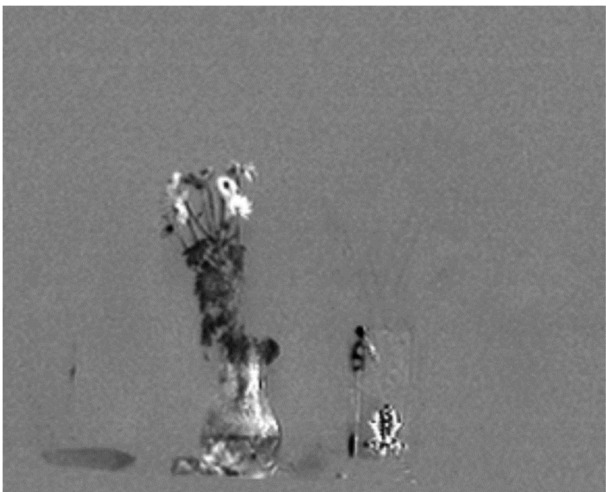
тенциальное увеличение динамического диапазона, а, следовательно, и качество отображения.



а) исходное состояние сцены



б) ее измененное состояние



с) результат их логического вычитания

Рис. 3. Изображения наблюдаемой сцены

Представленная технология осуществления способа сравнения цифровых изображений защищена патентом и была отмечена на Салоне изобретений Архимед-2019 в Сокольниках [5].

Экспериментальная проверка предложенного решения

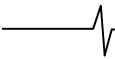
Для проверки осуществимости поставленной задачи сравнения цифровых изображений и анализа особенностей получаемого результата было выполнено её моделирование. Для получения исходных данных цифровой камерой с одной точки наблюдения было получено два последовательных изображения одной и той же сцены интерьера, при этом перед получением второго кадра один из наблюдаемых предметов (ваза) был удален. После загрузки изображений в программную модель схемы, показанной на рис. 2, на её выходе было получено изображение с выделенными изменениями наблюдаемой сцены между двумя кадрами.

На рис. 3 а показано первое изображение, отображающее исходное состояние, при котором присутствуют все детали сцены, на рис. 3 б – второе изображение, где из состава предметов удалена только ваза с цветами. На рис. 3 с показано изображение, полученное логическим вычитанием исходных изображений, которое в эксперименте было выполнено программным путем в соответствии со схемой, представленной на рис. 2. На полученном изображении отчетливо наблюдается удаленный объект на нейтральном фоне. Можно также заметить, что наблюдается выявленное изменение фазы вращения маятника часов между кадрами. Кроме того, случайное затенение небольшого левого участка циферблата часов на первом снимке, проявилось на разностном изображении в виде негативного изображения этого фрагмента. При том, что детали выделенных на разностном изображении изменений достаточно хорошо проработаны. Стоит отметить также, что выявленные случайные изменения сцены, не предусмотренные постановкой эксперимента, при визуальном анализе сравниваемых исходных изображений были не очевидны для наблюдателя.

Как показала экспериментальная проверка предложенного решения, логическое вычитание можно эффективно использовать в задачах, требующих детального сравнения изменений в последовательности цифровых изображений. Технологически целесообразным будет использовать для выполнения этой процедуры специализированной микросхемы, например, на ПЛИМ.

Заключение

Операцию сравнения цифровых изображений можно эффективно выполнять на основе использования только логических операций с применением описанного схемного решения для логического вычитания. Получаемое изображение будет содержать увеличенное число градаций соответственно суммарному числу градаций во взаимно дополняющих наблюдениях. Такое изображение позволяет выявить детали, которые не обнаруживаются при простом наблюдении последовательности кадров. Технологическая реализация осуществляется проще, чем при выполнении арифметических операций при цифровых вычислениях процессорами [6]. Его структура может быть легко реализована аппаратно, например, на программируемых логических элементах и может функ-



ционировать в темпе поступления видеоинформации.

Предложенная схема решения относится к классу потоковых устройств обработки информации. Их отличительной особенностью является возможность выполнения преобразования сигналов в условиях непрерывного изменения наблюдаемой сцены. Технология параллельной обработки видеосигналов обеспечивает высокую эффективность предложенного способа. Применение для решения только логических операций сближает его с процедурами, которые выполняются в живых организмах. Простота и быстрота логических методов сравнения изображений обеспечивают их высокую эффективность. Как известно, в природных биологических организмах именно этот принцип позволяет создавать рекордные по быстродействию и сложности системы [7]. Описанное техническое решение может также служить примером возможного подхода к построению арифметических узлов компьютеров следующего поколения.

Литература

1. Бруфман С.С. Цифровые элементы сравнения. М.: Энергия, 1967.
2. Поспелов Д.А. Логические методы анализа и синтеза схем. – М: Энергия, 1968.
3. Котцов В.А. Увеличение динамического диапазона видеосистемы логическим сложением цифровых изображений // Цифровая обработка сигналов № 3, 2019.
4. Ханджян О.А. Линейная фильтрация, основанная на теории симметрических функций // Радиотехника и электроника, вып. 8, 1986.
5. Котцов В.А., Котцов П.В. Способ сравнения цифровых изображений. Патент РФ 2673396 // Бюллетень изобретений № 33, 2018.
6. Карцев М.А. Арифметика цифровых машин. – М.: Наука, 1969.
7. Бергсон А. Творческая эволюция. – М.: ТЕРРА-Книжный клуб, 2001.