

СОВМЕЩЕНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ И ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

А. Н. Ветров¹, А. А. Осипова¹, М. А. Гахзар¹, А. В. Макарова¹,
В. И. Романовский¹, Н. И. Беляев²

*Кафедры: «Биомедицинская техника» (1); Makarowa-18@yandex.ru;
«Общетеоретические дисциплины» (2), ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

Ключевые слова и фразы: телевизионное изображение; тепловизионное изображение; пиксел.

Аннотация: Предложен способ совмещения изображений, полученных от датчиков, работающих в различных частотных диапазонах. Первоначально общий световой поток разделяется на два: из первого формируется изображение видимого диапазона, из второго – инфракрасного. Затем пикселы обоих изображений попеременно записываются в память общего изображения. Порядок записи сводится к чередованию строк изображений: нечетным строкам соответствуют пикселы инфракрасного изображения, а четным – телевизионного. Далее организуется взаимный обмен частей противоположных по вертикали соседних пикселов. Для этого каждый из них делится на три части. Одна часть пиксела остается на своем месте, две другие равные части раздельно суммируются с соседними по вертикали пикселами. Расчетным путем показано, что предлагаемый способ совмещения изображений увеличивает информативность сформированного изображения относительно исходных в шесть раз.

Целью данной работы является увеличение информативности разнодиапазонных изображений. Для этого необходимо:

- проанализировать возможности совмещения видео- и тепловизионных изображений;
- разработать методику совмещения и обработки разнодиапазонных изображений;
- промоделировать предложенную методику на ЭВМ;
- оценить результат комплексирования изображений.

Медицинская диагностическая аппаратура, формирующая изображения, позволяет приблизить диагноз к достоверному результату. В значительной степени это достигается применением разнодиапазонной иконической аппаратуры. Но при этом возникает потребность в совмещении (смешивании) двух изображений в одно в целях повышения информативности полученных изображений.

Основным преимуществом такого совмещения является наличие информации разного характера у конечного продукта. В связи с повышением информативности у обрабатываемых изображений, работа врача становится качественней, и затрачивается намного меньше времени. Большой интерес представляет метод совмещения инфракрасного (ИК) и телевизионного (ТВ) изображений [2], особенно при диагностике кожных и онкологических заболеваний приповерхностного характера [3].

Большинство методов совмещения тепловизионных и видеоизображений основано на чередовании пикселей в результирующем изображении. Примером такого способа является совмещение изображений, полученных с помощью различных фотодатчиков [1].

Изначально световой поток делится на два. Из одного формируется изображение видимого спектра, из другого – инфракрасного. Затем попеременно записывают в общее изображение пиксели в шахматном порядке.

Данный способ имеет недостаток в том, что каждый пиксел содержит информацию либо об одном изображении, либо о другом. Это говорит о меньшей информативности полученного изображения, по сравнению с тем, пиксели которого могли бы совмещать в себе информацию, поступившую от каждого из них.

В связи с показанными недостатками предлагается пиксели обоих изображений попеременно записывать в память общего изображения. Каждая нечетная строка будет соответствовать тепловизионному изображению, а четная – телевизионному.

Пусть в смешанном изображении какие-то n -е пиксели (соседние по вертикали) получившихся соседних строк имеют для ИК-изображений значение Q_i^t , для ТВ-изображений – Q_k^t . Затем организуется междустрочный обмен частями противоположных по вертикали пикселей по следующему алгоритму: каждый пиксел делится на три части, после чего две части i -го пиксела k -й строки суммируются с оставшимися долями i -х пикселей $(k-1)$ -й и $(k+1)$ -й строк.

Значение каждого пиксела делится в пропорции

$$Q_i^t = \frac{Q_i^t}{2} + \frac{Q_i^t}{4} + \frac{Q_i^t}{4}; \quad Q_k^t = \frac{Q_k^t}{2} + \frac{Q_k^t}{4} + \frac{Q_k^t}{4}.$$

Аналитический результат междустрочного обмена имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} Q_i^{t+1} &= \frac{Q_i^t}{2} + \frac{Q_k^t}{4} \frac{Q_{k-1}^t}{4}; \\ Q_k^{t+1} &= \frac{Q_k^t}{2} + \frac{Q_i^t}{4} \frac{Q_{i+1}^t}{4}; \\ Q_{i-1}^{t+1} &= \frac{Q_{i-1}^t}{2} + \frac{Q_{k-1}^t}{4} \frac{Q_{k-2}^t}{4}; \\ Q_{k-1}^{t+1} &= \frac{Q_{k-1}^t}{2} + \frac{Q_i^t}{4} \frac{Q_{i-1}^t}{4}; \\ Q_{i+1}^{t+1} &= \frac{Q_{i+1}^t}{2} + \frac{Q_k^t}{4} \frac{Q_{k+1}^t}{4}; \\ Q_{k+1}^{t+1} &= \frac{Q_{k+1}^t}{2} + \frac{Q_{i+1}^t}{4} \frac{Q_{i+2}^t}{4}, \end{aligned}$$

где Q_*^{t+1} – состояние значения n -го пиксела строки после проведения процедуры обмена.

Практическая реализация метода может быть осуществлена благодаря компьютерной обработке, в частности программой Delphi 7 (рис. 1).

Реализацию совмещения разнодиапазонных изображений и перекрестную интерполяцию в них предлагается организовать на современной элементной базе, а именно с помощью матричных приборов с зарядовой связью (МПЗС), позволяющих запоминать кадры изображения и обрабатывать их в реальных масштабах времени. При этом массогабаритные показатели устройства будут достаточно малы, и оно может содержаться непосредственно в виде отдельного субблока в мониторе или в самом устройстве сопряженных ТВ- и ИК-камер.

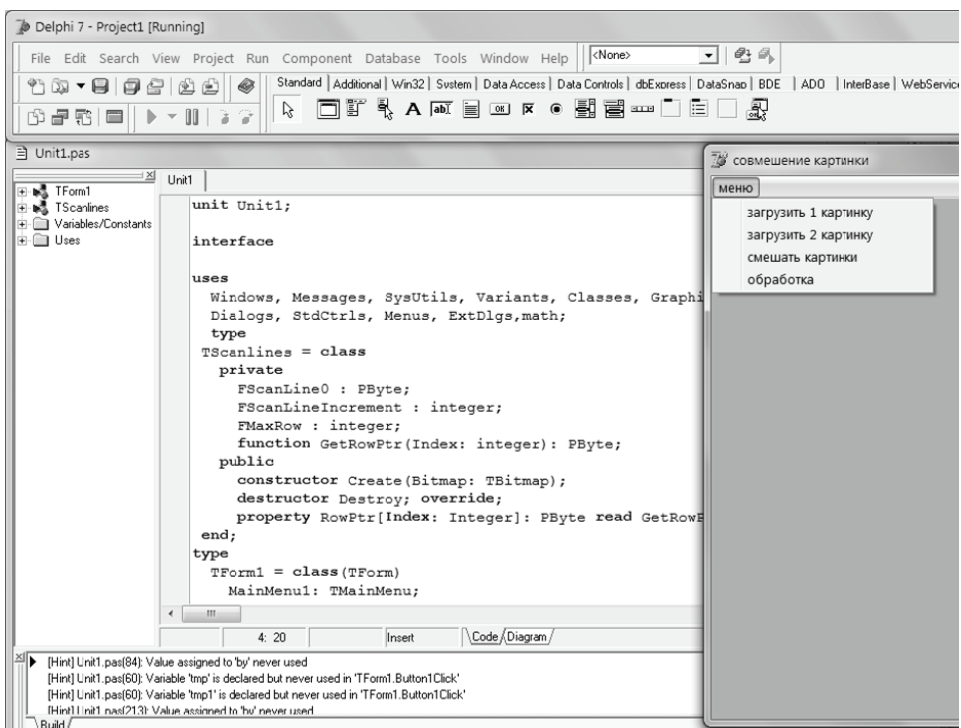


Рис. 1. Иллюстрация составления программы по смешиванию изображений

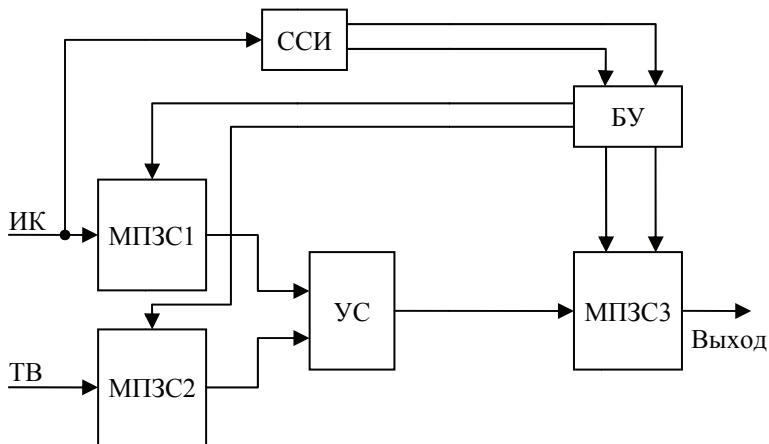


Рис. 2. Структурная схема устройства совмещения и обработки

На рисунке 2 представлена структурная схема устройства совмещения и обработки двух изображений на базе МПЗС, где задействованы три МПЗС, которые управляются от блока управления (БУ). Сам блок управления синхронизируется синхроимпульсами от любого из сигналов изображения. Синхроимпульсы выделяются в селекторе синхроимпульсов (ССИ) и подаются на блок управления в виде кадровых и строчных синхроимпульсов.

Принцип работы сводится к следующему: оба кадра изображения, то есть кадры ИК- и ТВ-изображений, которые обладают одинаковыми параметрами, одновременно записываются в секции накопления соответствующих МПЗС1 и МПЗС2. Далее они переводятся в секцию памяти и оттуда считываются с удвоенной скоростью через нижний регистр. Удвоенная скорость считывания необхо-

дима для того, чтобы следующий кадр, вводимый в МПЗС, не «наползал» на предыдущий до полного его считывания. Считывание строк проводится попеременно с обоих МПЗС, то есть, например, сначала считывается первая строка ИК-изображения и через устройство сопряжения записывается в МПЗС3, а затем считывается первая строка ТВ-изображения и также записывается через устройство сопряжения в МПЗС3. С каждой записью строк в МПЗС3 происходит смещение кадра вниз на одну строку. Таким образом, по окончании вывода обоих кадров из МПЗС1 и МПЗС2 в МПЗС3 через устройство совмещения (УС) записан чересстрочно совмещенный кадр ТВ- и ИК-изображений. По окончании записи реализуется процедура перекрестной интерполяции за счет двойной инверсии фазных состояний в МПЗС.

Результат совмещения исходных ИК- (рис. 3, *а*) и ТВ- (рис. 3, *б*) изображений представлен на рис. 4.

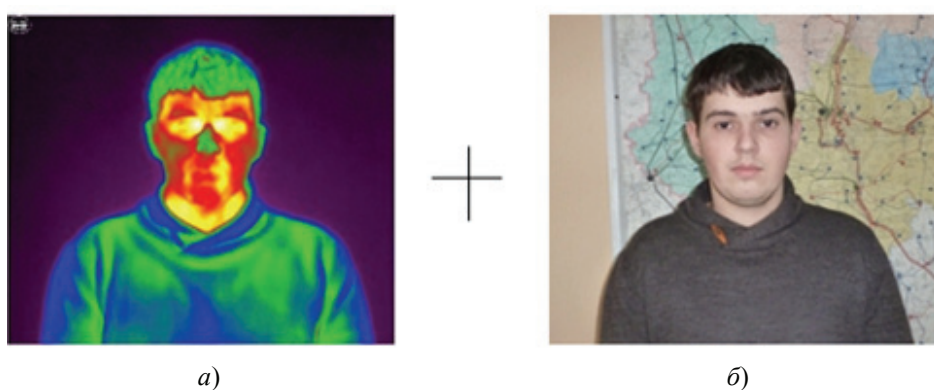


Рис. 3. Исходные изображения:
а – инфракрасное; *б* – телевизионное

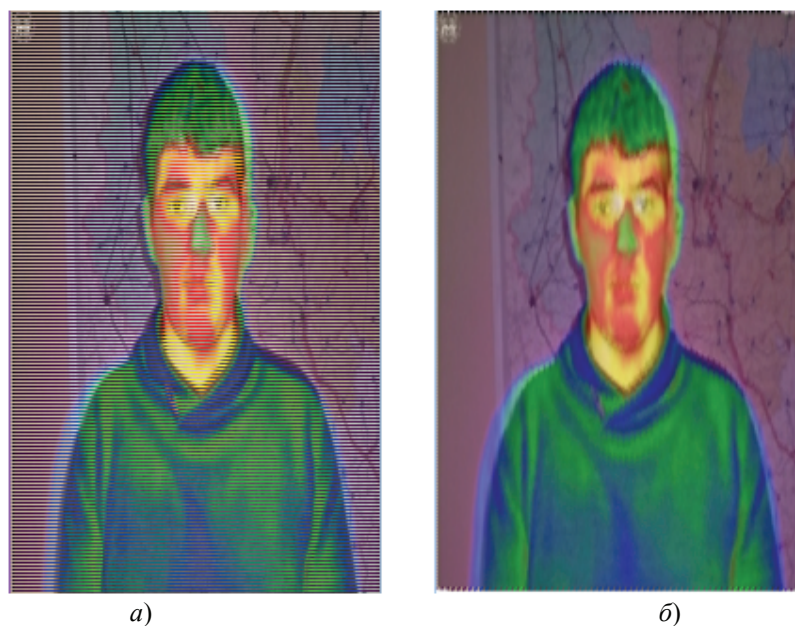


Рис. 4. Пример совмещения изображений:
а – после построчной записи пикселей; *б* – итоговое

Благодаря предложенному способу, информативность конечного изображения по отношению к исходному повышается, что достигается путем попеременной записи строк ТВ- и ИК-изображений в общее изображение с дальнейшим делением пикселей на три части и междустрочным обменом этих частей для пикселей одного номера в строках. В общем изображении число пикселей определяется как $n_k + n_i = 2n_{ki}$, где n_k – число строк кадра ИК-изображения; n_i – число строк кадра ТВ-изображения, $2n_{ki}$ – число строк кадра общего изображения. Таким образом:

– в результате формирования общего изображения информативность после совмещения двух изображений в одно увеличилась в два раза относительно исходных изображений, что подтверждается формулой

$$n_k + n_i = 2n_{ki}; \quad (1)$$

– в процессе межстрочной интерполяции, в результате которого каждый пиксел полученного изображения будет представлять собой половину своего пиксела и четверти соседних, информативность пиксела увеличивается в три раза:

$$n^* + n^< + n^> = 3n,$$

где n^* – количество информации неизменной половины пиксела; $n^<$, $n^>$ – количество информации пришедшей четверти пиксела слева и справа соответственно; $3n$ – конечное количество информации пиксела.

Итоговая формула информативности имеет вид

$$2n_{ki} \cdot 3n = 6n. \quad (2)$$

В итоге разработанный способ увеличивает информативность относительно исходных изображений в шесть раз.

Однако при этом информативность выходного кадра снизится относительно сформированного в два раза. Но, как показано ранее, информативность сформированного совместного изображения повышается относительно любого из исходных изображений в шесть раз. Следовательно, информативность кадра изображения, подвергнутого операции децимации увеличивается относительно любого из исходных изображений в три раза.

Выводы. Предложен и смоделирован метод совмещения изображений, полученных от разнодиапазонных датчиков. Метод позволяет сохранить преимущества телевизионных и тепловизионных систем и увеличивает информативность сформированного изображения относительно исходных в шесть раз.

Список литературы

1. Пат. 2435221 Российская Федерация, МПК G 06 T 3/00. Способ совмещения изображений, полученных от различных фотодатчиков, и устройство для его реализации / Ерош И. Л., Сергеев М. Б., Соловьев Н. В., Филатов Г. П., Козлов А. А., Литвинов М. Ю. ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения». – № 2007145889/28 ; заявл. 10.12.2007 ; опубл. 27.11.2011, Бюл. № 33. – 9 с.

2. Пат. 2258204 Российская Федерация, МПК G 01 C 11/00, G 01 C 11/06. Способ дистанционного обследования объектов электрических сетей с помощью тепловидеосъемочного устройства / Кузнецов А. Е., Калюжный В. И., Ковалев А. О., Ефремов И. Ф., Гектин Ю. М. ; заявитель и патентообладатель ЗАО «Центр перспективных наукоемких технологий». – № 2004104193/28 ; заявл. 16.02.2004 ; опубл. 10.08.2005, Бюл. № 22. – 9 с.

3. Шушарин, А. Г. Медицинское тепловидение – современные возможности метода [Электронный ресурс] / А. Г. Шушарин, В. В. Морозов, М. П. Половинка // Современ. проблемы науки и образования. – 2011. – № 4. – Режим доступа : <http://www.science-education.ru/98-4726> (дата обращения: 18.08.2014).

4. Ветров, А. Н. Многофункциональное использование матричных приборов с зарядной связью в системе поиска пострадавших / А. Н. Ветров[и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 2. – С. 298 – 303.

Combining of Infrared and Television Images in Medical Diagnosis

A. N. Vetrov¹, A. A. Osipova¹, M. A. Gachsar¹, A.V. Makarova¹,
V. I. Romanovsky¹, N. I. Belyaev²

Departments: “Biomedical Engineering”(1); Makarova-18@yandex.ru;
“General Theoretical Disciplines” (2, TSTU)

Key words and phrases: television image; thermal image; the pixel.

Abstract: The authors propose a method of combining images obtained from sensors operating in different frequency ranges. Initially, the total luminous flux is split into two streams. From the first stream an image in the visible range is formed, and from the second one an infrared image is produced. Then, the pixels of both images are alternately stored in shared memory image. The order of entries is reduced to alternating lines of the image. For example, the odd-numbered lines correspond to the pixels of infrared images, and even ones to video image. Next, a reciprocal exchange of the parts of the opposite vertical neighboring pixels occurs. For this purpose, each pixel is divided into three parts. One part of the pixel is in its place, the other two equal parts are separately added to the adjacent vertical image pixels. Through calculations it is proved that the proposed method of combining images increases the information content of the generated image with respect to the original image up to six times.

References

1. Erosh I.L., Sergeev M.B., Solov'ev N.V., Filatov G.P., Kozlov A.A., Litvinov M.Yu., Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, *Sposob sovmeshcheniya izobrazhenii, poluchennykh ot razlichnykh fotodatchikov, i ustroystvo dlya ego realizatsii* (A method of combining images obtained from different photosensors, and device for its realization), Russian Federation, Pat. № 2435221.

2. Kuznetsov A.E., Kalyuzhnyi V.I., Kovalev A.O., Efremov I.F., Gektin Yu.M., Tsentr perspektivnykh naukoemkikh tekhnologii, *Sposob distantsionnogo obsledovaniya ob"ektov elektricheskikh setei s pomoshch'yu teplovidEOS"emochnogo ustroystva* (A method for remote sensing of electrical networks using heat-video shooting device), Russian Federation, Pat. № 2258204

3. Shusharin A.G., Morozov V.V., Polovinka M.P. *Modern Problems of Science and Education*, 2011, no. 4, available at: <http://www.science-education.ru/98-4726> (accessed 18 August 2014).

4. Vetrov A.N., Artyukhin I.Yu., Oshurkov V.Yu., Gakhzar M.A. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2013, vol. 19, no. 2, pp. 298-303.

Vereinigung der Infrarot- und Fernsehbilder bei der medizinischen Diagnostik

Zusammenfassung: Es ist die Weise der Vereinigung der Bilder, die von den in den verschiedenen Frequenzumfängen funktionierenden Sensoren erhalten wurden, vorgeschlagen. Ursprünglich wird der allgemeine Lichtstrom auf zwei Ströme geteilt. Aus dem ersten Strom entwickelt sich das Bild des sichtbaren Umfangs, und von zweitem – das Bild des Infrarotbereiches. Dann werden die Pixels beider Bildernins Gedächtnis des allgemeinen Bildes abwechselnd aufgeschrieben. Die Ordnung der Aufzeichnung wird auf die Reihenfolge der Zeilen des Bildes zurückgeführt. Zum Beispiel, den unpaaren Zeilen entsprechen die Pixels des Infrarotbildes, und gerade – des Fernsehbildes. Weiter wird der gegenseitige Austausch der Teile der benachbarten nach der Vertikale entgegengesetzten Pixels organisiert. Dazu teilt sich jedes Pixel in drei Teile. Ein Teil des Pixels bleibt auf der Stelle, zwei andere gleiche Teile werden mit den benachbarten Bildern von den Pixels zusammengefasst. Mit dem Rechenweg ist es bewiesen, dass die angebotene Weise der Vereinigung der Bilder die Informativität des gebildeten Bildes bezüglich der Ausgangsbilder sechsmal vergrößert.

Superposition des images infrarouges et vidéo lors du diagnostic médical

Résumé: Est proposé un moyen de la superposition des images obtenues à partir des capteurs fonctionnant dans de différentes gammes. D'abord le flux de lumière est divisé en deux courants. A partir du premier est formée l'image de la gamme visible, à partir du deuxième – l'image de la gamme infrarouge. Puis les pixels de deux images sont enregistrés dans la mémoire de l'image générale. L'ordre de l'enregistrement est ramené à l'alternance des lignes de l'image. Puis est organisé l'échange mutuel des parties opposées par les verticales des pixels voisins. Chaque pixel est divisé en trois parties. Une partie reste à sa place. Deux autres parties sont sommées avec les pixels voisins par les verticales. Par les calculs est prouvé que le moyen proposé de la superposition des images augmente l'information de l'image formée en six fois relativement aux images initiales.

Авторы: *Ветров Александр Николаевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Биомедицинская техника»; *Осипова Александра Александровна* – студентка кафедры «Биомедицинская техника»; *Гахзар Мохаммед Абдуллах* – аспирант кафедры «Биомедицинская техника»; *Макарова Анастасия Викторовна* – магистрант кафедры «Биомедицинская техника»; *Романовский Владимир Игоревич* – магистрант кафедры «Биомедицинская техника»; *Беляев Николай Иванович* – доцент кафедры «Общетеоретические дисциплины», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Данилов Станислав Николаевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Радиотехника», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
