

---

**ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЕ СТЗ**

---

УДК 621.391.26

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА  
МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМАХ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ***С.П. БОТУЗ**ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» (ФИПС)*

Рассмотрены методы и средства графоаналитического анализа многоспектральных изображений в интеллектуальных человеко-машинных системах технического зрения. Описано многоканальное устройство. Показано, что предлагаемые методы и средства графоаналитической обработки данных позволяют отображать на экране монитора многомерные параметрические зависимости.

*Ключевые слова:* многоспектральные изображения, графоаналитические бинарные поля, системы технического зрения.

Ботуз Сергей Павлович – профессор, доктор технических наук, e-mail: bsp\_serg@mail.

**METHODS AND TECHNIQUES OF MULTISPECTRAL IMAGES GRAPHO-ANALYTICAL  
ANALYSIS IN MAN-COMPUTER COMPUTER VISION SYSTEMS***S.P. BOTOOS**FSBI «Federal Institute of Industrial Property»*

Methods and techniques of multispectral images grapho-analytical analysis in intelligent man-computer computer vision system are shown. Multichannel device is describes. Paper describes that suggested methods and techniques of grapho-analytical data processing allows to display multi-dimensional parametric dependence.

*Key words:* multispectral image, grapho-analytical binary fields, computer vision system.

Botoos Sergey Pavlovich – Full Professor, Doctor of Technical Science,

Для интеллектуальных (эргатических) системах технического зрения (ИЭСТЗ) важна не только успешность решения задач, связанных с обнаружением и распознаванием тех или иных объектов (процессов, субъектов и т.п.) по комплексированному изображению, например, важна не только констатация факта возникновения пожара, но и экспертная оценка изображения контролируемого участка с точки зрения оценки степени пожароопасности, важно не только распознавание того или иного субъекта, но и анализ его состояния на основе оценки его поведения по набору кадров его изображений – необходимо обеспечить комплексную оценку состояния наблюдаемого объекта и соответствующего процесса.

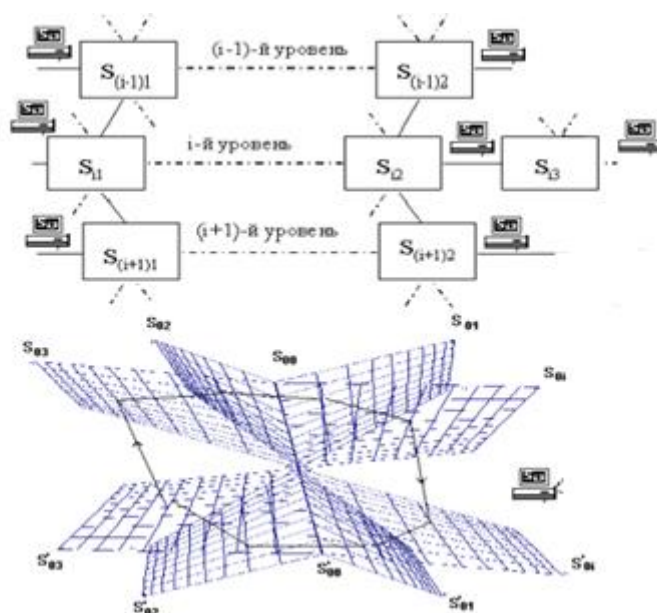


Рис. 1. Структура средств ИЭСТЗ и процесс визуализации изображений графоаналитических бинарных полей (ГАБП), которые представляют образ (сечение) пространства параметров анализируемых кадров изображений контролируемых объектов

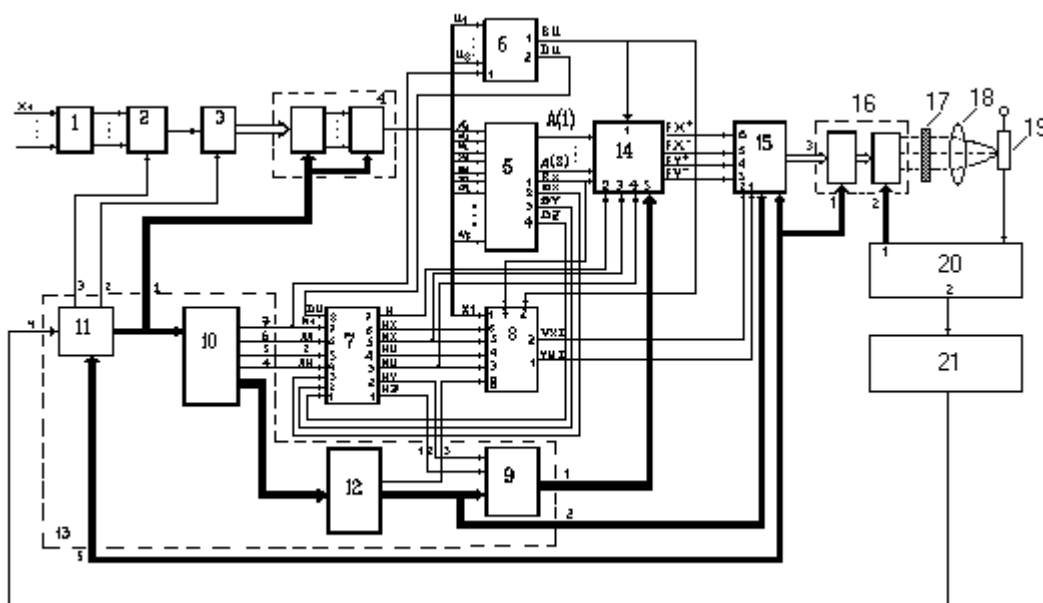


Рис. 2. Структура Аппаратная реализация многоканальных устройств  $S_{ij}$  ИЭСТЗ, обеспечивающих формирование изображений ГАБП

Каждое многоканальное устройство  $S_{ij}$  ИЭСТЗ (рис. 1, 2) содержит блок 1 нормирующих устройств, коммутатор – 2, АЦП – 3. первое ЗУ – 4, блок 5 интерполирования, блок 6 выделения экстремума, блок 7 масштабирования, первую схему 8 формирования дискретных приращений, вторую схему 9 дискретных приращений, блок 10 задания постоянных коэффициентов, блок 11 синхронизации, схему 12 формирования адреса записи, блок 13 управления, блок 14 преобразования, второе ЗУ 15, регистрирующее устройство 16, на выходе которого установлены оптическая маска 17, оптическая система 18, фотодатчик или ПЗС-матрица 19, блок 20 формирования статистических характеристик анализируемого объекта и блок 21 формирования импульсных воздействий при формировании изображений ГАБП в виде вычислительных таб-

лиц, которые представляют образ (сечение) пространства параметров анализируемых кадров изображений контролируемых объектов ИЭСТЗ на заданном интервале времени и их влияние (взаимосвязь), на заданном множестве (допустимом множестве ограничений) изменения их амплитудных значений (далее для краткости – изображений ИЭСТЗ).

Оригинальность рассматриваемой в докладе многоканальной системы сбора и обработки данных многоуровневого процесса визуализации ГАБП изображений ИЭСТЗ состоит в том, что принцип работы ее основан на новом способе сбора и обработки данных [1]: предварительно входные сигналы (данные) разделяют на две группы (или выделяют две группы) каналов интерактивного сбора и обработки сигналов изображений, соответственно независимых  $\beta_k(t)$  и зависимых  $U_{ij}^{(p)} = f_{ij}[\beta_k(t)]$  сигналов (где  $f_{ij}[\beta_k(\cdot)]$  – некоторая нелинейная зависимость от  $\beta_k(t)$ ,  $t$  – время,  $i, j = 1, 2, \dots$ ;  $k = 3, 4, \dots$ ), затем осуществляют комбинаторный опрос, например перебор сочетаний, соответствующего числа каналов обработки сигналов по каждому каналу формирования изображений ИЭСТЗ. При этом измерение сигналов из первой группы формирования кадров изображений ИЭСТЗ осуществляют на основе значений разброса их нижних  $\beta_k^{(1)} = \inf \beta_k(t)$  и верхних  $\beta_k^{(2)} = \sup \beta_k(t) \forall t > 0$  пределов изменения с учетом допустимой, например, абсолютной погрешности измерения (например, координат состояния  $\{X, Y, Z\}$  tracking symbol и т.п.) на соответствующем временном интервале  $T_i = t_{i+1} - t_i$  измерения  $\forall t \in [t_i, t_{i+1}]$ ,  $i_1 = 1, 2, \dots$  и соответствующих процессов обработки и формирования изображений ИЭСТЗ.

Длительность временного интервала  $T_i$  устанавливают равной сумме длительностей эталонного сигнала, величину которого выбирают не менее величины инерционности процесса регистрации изображений и не более  $1/(K_f * F_{\max})$ , где  $K_f$  – постоянный коэффициент,  $F_{\max}$  – максимальная частота изменения сигнала рассогласования, и корректирующего сигнала, величина которого равна интегральной величине изменения нормированного сигнала рассогласования на предшествующем интервале  $T_{i-1}$  формирования кадра изображений ИЭСТЗ.

В начале каждого временного интервала формируют импульс, длительность которого устанавливают на основе интегрального значения квадрата нормированного сигнала рассогласования на предшествующем временном интервале формирования кадра изображений ИЭСТЗ. Полярность каждого импульса формируют на основе непрерывного слежения за знаком разности между текущим сигналом рассогласования и его значением в момент окончания предшествующего периода и запоминания знака этой разности в момент окончания предшествующего временного интервала формирования кадра изображений ИЭСТЗ. Одновременно с этим запоминают значения амплитуд сигналов из второй группы зависимых каналов формирования кадра изображений ИЭСТЗ при соответствующих фиксированных комбинациях сигналов  $\beta_k(t)$  для всех  $k$  из первой группы каналов формирования кадра изображений ИЭСТЗ с последующим сжатием полученных значений на основе канонических преобразований (а именно, используя канонические формы Коши третьего  $k = 3$  или четвертого порядка  $k = 4$ , т.е. на основе отображений  $f_3 : \mathbf{R}^4 \rightarrow \mathbf{R}^2$  или  $f_4 : \mathbf{R}^5 \rightarrow \mathbf{R}^2$  для визуализации многомерных входных данных на экране монитора регистрирующего устройства 16 (рис. 2)) и регистрацией полученных измерений в виде набора из  $i_1 = 1, 2, \dots$  ГАБП от  $k$  независимых сигналов из первой группы каналов формирования кадра изображений ИЭСТЗ

Измерение, обработку и регистрацию сигналов в каждом канале формирования кадра изображений ИЭСТЗ согласно предлагаемому способу осуществляют следующим образом [1, 2, 4, 6]. Физические величины (сигналы кадров изображений) на входах нормирующего устройства 1 (рис. 2) условно разбивают на две группы. При этом для простоты пояснений будем полагать, что первая группа сигналов характеризует независимые физические процессы и соответствующие кадры изображений, например, первая группа сигналов представляет набор наблюдаемых возмущающих воздействий

$$\tilde{X} \triangleq \{X(1), X(2), Y(1), Y(2), Z(1), Z(2)\}, n = 3 \quad (1)$$

Вторая группа сигналов кадров изображений представляет реакцию исследуемого объекта или процесса на известный набор возмущающих воздействий, т.е. вторая группа каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ характеризует группу зависимых сигналов

$$\tilde{U} \triangleq \{U(i); i = \overline{1, 2^n}\} \quad (2)$$

Следовательно, в первой группе будут три независимых канала формирования кадров изображений ИЭСТЗ, а во второй –  $2^n$  (в данном случае восемь) зависимых каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ. При этом согласно способу многоканального измерения [5] необходимо хранить соответствующие оценки верхних и нижних значений по каждому каналу, т.е.  $\forall t > 0$ :

$$X(1) = \mathbf{inf} X_1(t) \quad \text{или} \quad X(1) \rightarrow \mathbf{min} X_1(t),$$

$$X(2) = \mathbf{sup} X_1(t) \quad \text{или} \quad X(2) \rightarrow \mathbf{max} X_1(t),$$

аналогично

$$Y(1) = \mathbf{inf} Y_1(t) \quad \text{или} \quad Y(1) \rightarrow \mathbf{min} Y_1(t),$$

$$Y(2) = \mathbf{sup} Y_1(t) \quad \text{или} \quad Y(2) \rightarrow \mathbf{max} Y_1(t),$$

$$Z(1) = \mathbf{inf} Z_1(t) \quad \text{или} \quad Z(1) \rightarrow \mathbf{min} Z_1(t),$$

$$Z(2) = \mathbf{sup} Z_1(t) \quad \text{или} \quad Z(2) \rightarrow \mathbf{max} Z_1(t).$$

На первом временном интервале осуществляется опрос следующих каналов НУ 1: первого канала НУ 1 из первой группы независимых каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ, на который поступает в данном случае –  $X(1)$ ; третьего канала –  $Y(1)$  и пятого –  $Z(1)$ . Одновременно во второй группе каналов опрашивается первый канал, в предложенном примере, на который подается для измерения сигнал  $U(1)$ .

Измеренные в момент  $t_1$  значения после аналого-цифрового преобразования в блоке 3 запоминают в первом ЗУ 4. На такте  $t_2$  осуществляют опрос второго, третьего, пятого и восьмого каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ. На такте  $t_3$  осуществляется опрос первого, третьего, шестого и девятого каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ. На такте  $t_4$  осуществляют, опрос второго, третьего, шестого и десятого каналов. Для рассматриваемого примера этот процесс комбинаторного опроса каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ из разных групп и запоминание значений сигналов завершается за восемь тактов. При этом описанная последовательность операций реализована на основе фиксации верхних  $\{X(2), Y(2), Z(2)\}$  и нижних  $\{X(1), Y(1), Z(1)\}$  границ изменения амплитуд сигналов первой группы каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ.

Описанную последовательность опроса в предложенной реализации обеспечивает блок 13. Эту процедуру в данном случае обеспечивает блок 11 синхронизации за восемь тактов.

В докладе для простоты пояснений полагаем, что значения амплитуд возмущающих воздействий в процессе формирования кадров изображений ГАБП

$$\tilde{X} \triangleq \{X(1), X(2), Y(1), Y(2), Z(1), Z(2)\}, n = 3$$

и реакции

$$\tilde{U} \triangleq \{U(i); i = \overline{1, 2^n}\}$$

исследуемого (анализируемого и т.п.) процесса (или динамики изменения анализируемых кадров изображений ИЭСТЗ) для всех  $t \equiv \{t_1, \dots, t_8\}$  претерпевает незначительные изменения.

Каждый из регистрируемых сигналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ в определенном сочетании ( $X'(1)$ ,  $X'(2)$ ,  $Y'(1)$ ,  $Y'(2)$ ,  $Z'(1)$ ,  $Z'(2)$ , ...,  $U'(8)$ ) запоминается на соответствующем такте опроса и сохраняется до начала следующего (на  $t_{k16}$  такте) режима комбинаторного опроса каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ. При этом комбинаторика процедуры (или стратегия) опроса каждого последующего цикла измерений будет зависеть не только от того, какие претерпели изменения соответствующие измеряемые переменные по каждому из каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ, но и непосредственно от результатов последующего отображения (визуализации и т.п.) на экране монитора регистрирующего устройства 16. Вышеописанный пример последовательности операций позволяет по каждому из входов второй группы каналов формирования кадров изображений ИЭСТЗ получить значения комбинаторных оценок следующего вида:

$$U'(1) = f_{j1}(X'(1), Y'(1), Z'(1)),$$

$$U'(2) = f_{j2}(X'(2), Y'(2), Z'(2)),$$

$$U'(8) = f_{j8}(X'(2), Y'(2), Z'(2)).$$

При этом на такте  $t_8$  на первом выходе блока 5 будет сформирован сигнал, равный  $BX = X'(1)$ . На такте  $t_9$  на втором, третьем и четвертом выходах блока 5 будут сформированы соответственно

$$DX(.) = X'(2) - X'(1), DY(.) = Y'(2) - Y'(1) \text{ и } DZ(.) = Z'(2) - Z'(1).$$

Одновременно (начиная с такта  $t_8$ ) в блоке 6 осуществляется процедура определения  $\max U(.)$  и  $\min U(.)$ . Соответственно на первом выходе блока 6 получают  $BV = \min U(.)$  на такте  $t_{13}$ , а на втором выходе данного блока  $DV = (U_{\max} - U_{\min})$  на  $t_{15}$  такте. Значения  $BV$  и  $DV$  поступают:  $BV$  на первый вход блока 14 преобразования, а  $DV$  на восьмой вход блока масштабирования 7. При этом в блоке 7 осуществляется формирование переменных для пересчета масштабов приращений:  $H = LL/2$ , где  $LL$  – постоянная, значение которой устанавливается равной рабочей ширине экрана монитора или разрешающей способности устройства отображения или регистрации 16.

В результате в докладе показано, что предлагаемые методы и средства графоаналитической обработки данных позволяют в ИЭСТЗ отображать на экране монитора многомерные параметрические зависимости в виде ГАБП, которые представляют образ (сечение) пространства параметров анализируемых кадров изображений контролируемых объектов на основе использования методов комбинаторной обработки сигналов кадров многоспектральных изображений, которую может задать или определить непосредственно ЛПР. Эта возможность реализована на основе использования следующего множества конструктивных способов синтеза ГАБП: – способ одностороннего синтеза ГАБП, конструктивная реализация которого осуществлена в авт.свид. № 908620; – взаимосвязанного – авт.свид. № 1368850; – двустороннего – авт.свид. № 1675121; – пространственного – авт.свид. № 1743906; – комбинации вышеперечисленных способов на основе использования различных функциональных разверток, например, линейной (авт.свид. № 1597556), круговой (авт.свид. № 1673838) и др. [1 – 4, 6]. При этом ЛПР предоставляется возможность в ИЭСТЗ непосредственно самому синтезировать ГАБП ограниченной сложности в реальном масштабе времени или сформировать растр информационного поля ограниченной или персонафицированной сложности, обеспечивая наиболее эффективный сбор и обработку распределенной в сети видеоинформации информации о контролируемом объекте (КО) на основе использования специализированных программно-аппаратных средств. При этом следует отметить, что по отношению к ЛПР ИЭСТЗ администратор сети (ГВС или ЛВС) может выступать в виде не только «измеряющего», но и управляющего процессом взаимодействия системы «ЛПР – КО – ГВС». Кроме этого, субъект конкретного объекта (например, водитель транспортного средства) может выполнять функции локального сетевого администратора для того, кто в данный момент осуществляет сбор и обработку изображений о состоянии

системы «ЛПР – КО» на основе использования задания соответствующего графоаналитического профиля (или эталона) состояния контролируемого объекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Системы технического зрения: методы поискового проектирования/*Ботуз С.П.*//13-я Международная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2018». – Владимир-Суздаль. – 2018. Сб. докладов, кн. 2, С. 257 – 262.
2. *Ботуз С.П.* Интеллектуальные интерактивные системы и технологии управления удаленным доступом. – М.: СОЛОН-Пресс, 2014. –340 с.
3. Программный комплекс интерактивного синтеза систем генерации персонифицированного графоаналитического кода (метрики, шифра, шрифта и т.п.) ограниченной сложности. Роспатент. Свидетельство №2519593 от 11.09.2013/*Ботуз С.П.*
4. Ботуз С.П. Автоматизация исследования, разработки и патентования позиционных систем программного управления. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 316с.
5. Оптимизация диалоговых процедур СУБД «Эксперт ОИС»/*Ботуз С.П.*// Искусственный интеллект в технических системах. Вып. № 19 – М.: Гос.ИФТП РАН. – 1998, – С.145 – 153.
6. Обработка многомерной числовой информации при исследовании и разработке бортовых САУ./*Ботуз С.П.*//Конструирование и технология изготовления космических приборов. – М.: ИКИ АН СССР. Наука. – 1983. С. 124 – 131.