

## Специализированное АРМ для проектирования программного обеспечения комплексов навигации и воздушной разведки

# 08, август 2013

DOI: 10.7463/0813.0585918

Волосатова Т. М., Чичварин Н. В., Афиногенов Е. И.

УДК 003.26.004.7.004.9

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

[tamaravol@gmail.com](mailto:tamaravol@gmail.com)

[genrih.gertz@gmail.com](mailto:genrih.gertz@gmail.com)

[afinogenov.evgeniy@gmail.com](mailto:afinogenov.evgeniy@gmail.com)

### Введение

Основой настоящей статьи являются результаты проведенных исследований по разработке средств автоматизированного проектирования системного программного обеспечения и программ для наземных и бортовых комплексов воздушной разведки (БКР) и дистанционного зондирования Земли. Авторы обобщают эти результаты в настоящей статье.

Публикация строится на материалах цикла из двух статей. В первой статье [1] авторы провели обзор и анализ комплексов, включающих пилотируемые и беспилотные ЛА – носители средств воздушной разведки. Во второй статье [2] рассмотрены вопросы учета режимов воздушной разведки, в частности, режимы функционирования аэрофотоаппаратуры (АФА), систем стабилизации положения АФА на различных носителях и средств привязки аэрофильмов к той или иной системе координат.

При проведении исследований, результаты которых опубликованы в этих статьях, сделана попытка применить системный анализ комплексов воздушной разведки, построенных на основе применения аэрофотоаппаратов АФА и, в частности, цифровых АФА. Целями анализа являлись:

- обеспечение разработки (проектирования) полетного задания для ЛА разведки, находящихся в эксплуатации;
- обеспечение процесса проектирования перспективных комплексов с учетом реальных условий эксплуатации.

Поэтому задачи настоящей публикации решаются на основе обзора[1-4]:

- типичных самолетов – носителей средств навигации и воздушной разведки;

- аппаратуры воздушной разведки;
- основных факторов навигации ЛА и свойств аппаратных средств, определяющих качество разведанных при различных режимах воздушной разведки;
- особенностей предварительной обработки разведанных на борту ЛА;
- особенностей наземных информационных систем обработки разведанных и подготовки разведдонесений;
- средств защиты разведанных, передаваемых по беспроводным каналам передачи сообщений для комплексов наземных информационных систем обработки разведанных и подготовки разведдонесений.

### 1. Комплекс средств воздушной разведки

Достаточно полный обзор указанных комплексов проведен в [1-4]. Это позволяет установить гипотетическую конфигурацию аппаратных средств перспективных комплексов навигации и воздушной разведки.

В таблице 1 приводится возможный перечень указанных средств. В перечне учтены все исторически сложившиеся, но обладающие новыми ТТХ аппаратные средства. Их анализ, в свою очередь, позволил выработать требования к специализированному АРМ для проектирования компонент программного обеспечения, обеспечивающего функционирование аппаратных средств и обработку разведанных на борту самолета-разведчика.

Таблица 1. Перечень и основные характеристики устройств регистрации информации комплекса средств воздушной разведки максимальной конфигурации

Датчик информации	Способ формирования изображения	Канал	Примечание
ТВ - система	однострочное	видимый	Развертка строки поперек пути от левого к правому борту. Служебная информация, передается в каждой строке.
РЛС бокового обзора	синтез апертуры	радиолокационный	Развертка строки поперек пути.
РЛС переднего обзора	Электронное сканирование фазированной антенной решеткой	радиолокационный	Развертка строки поперек пути.

Специализированная ОЭС	строчно-кадровый	видимый	Кадр формируется путем развертки столбца поперек пути от левого к правому. Яркостная информация считывается из буфера датчика
Специализированная ОЭС (типа «FLIR»)	кадровый	ИК	Яркостная информация считывается из буфера датчика построчно. Служебная информация передается в строках и в пределах кадра.
Цифровой АФА панорамный	строчно-кадровый бокового обзора	видимый, кратное масштабирование по каждой оси	Кадр формируется путем развертки столбца поперек пути, начиная от правого (режим ПБ) или от левого (режим ЛБ) борта. Яркостная информация считывается столбцами. Служебная информация передается в каждом столбце.
Цифровой АФА кадровый	кадровый переднего обзора	видимый	Яркостная информация считывается столбцами с матрицы («мозаики» матриц).
Лазерная навигационная система LANTIRN	строчно-кадровый переднего обзора	ИК	Кадр формируется способом, аналогичным панорамному АФА.

Необходимо подчеркнуть, что при разработке специализированного АРМ учтена не только вышеприведенная конфигурация, но и режимы функционирования средств воздушной разведки. Особое внимание уделено снабжению АРМ средствами компенсации возможной дефокусировки и смаза, которым подвержена аппаратура легких беспилотных ЛА [1, 2].

## 2. Анализ прототипов специализированного АРМ

При разработке специализированного АРМ, учтено что оно должно позволять разрабатывать программное обеспечение как для бортовых комплексов навигации и воздушной разведки, так и для наземных комплексов формирования разведдонесений по разведанным, поступающим с борта самолета. Многие задачи, которые должен решать

наземный комплекс, учтены в геоинформационных системах (ГИС). Некоторые компоненты известных ГИС приняты за прототип при разработке специализированного АРМ. Для проведения обзора отобраны самые распространенные в настоящее время ГИС, в значительной степени решающие часть задач, поставленных к ПО, которое необходимо разрабатывать в среде специализированного АРМ. К ним можно отнести: ПО PHOTOMOD, PHOTOMOD GeoMosaic, "PHOTOMAP - MAKER", «Панорама-редактор», Autorano Pro, «Талка». Отобранные ГИС характеризуются общим свойством – модульность структуры. Это ГИС, реализующие либо применимые для реализации технологий «prototyping». При разработке специализированного АРМ учтены также специализированные ГИС для работы с данными, продуцируемыми различной регистрирующей аппаратурой воздушной разведки: PhotoTransformator Professional, Z\_SPACE, ERDAS IMAGINE. Учтены также и типичные технологические средства сопровождения ГИС: ER Mapper, Autodesk Map, Bentley Geospatial Desktop,

### **3. Обзор бортовых и стационарных вычислительных средств, на которые ориентировано программное обеспечение, продуцируемое с помощью специализированного АРМ [5, 6]**

#### **3.1. Комплексы, применимые для наземной обработки данных воздушной разведки**

Вычислительные комплексы (ВК) «Эльбрус-90микро» в конструктиве СРСІ в настольном исполнении выполнены в конструктиве «Евромеханика» (см. таблицу 5) в соответствии с требованиями стандарта СРСІ, являются высокопроизводительными многопроцессорными вычислительными системами, обеспечивающими многопользовательский, многозадачный режим вычислений в реальном масштабе времени. Предназначены для использования в стационарных системах управления и обработки информации. Ориентированы также на применение в системах с жесткими условиями эксплуатации.

Аппаратура вычислительных комплексов имеет сетевое оборудование для обменов с другими ВК аналогичного типа или с другими ВК и ЭВМ, а также рядом ВК и ЭВМ, а также рядом интерфейсов как параллельного, так и последовательного типа.

Комплексы могут поставляться в двух вариантах конструктивного исполнения корпусов: встраиваемом и настольном. Встраиваемые конструкции могут дополняться конструктивными узлами для автономной отладки. Вычислительные комплексы данного конструктивного исполнения используют систему воздушного охлаждения открытого типа. Устройство охлаждения может располагаться в аппаратуре пользователя или быть встроено в корпус поставляемого комплекса.

Таблица 2. Структурная схема и характеристики вычислительного комплекса в конструктиве «Евромеханика»

Параметр	Значение
Центральный процессор – отечественный микропроцессор	«МЦСТ-R500»
Количество центральных процессоров	1–4
Тактовая частота микропроцессора (МГц)	500 (150)
Объем оперативной памяти (Мбайт)	256-1024
Внутрипроцессорная кэш-память, Кбайт	48 (24)
Внешняя кэш-память одного процессора, Мбайт	4 (1)
Объем дисковой памяти не менее (Гбайт)	9-36
Периферийные шины	
сPCI	до 8-ми слотов*
SBus	подключение модулей расширения
Производительность ВК («МЦСТ-R500») в полной комплектации (SPECint95/SPECfp95)	35/28
Время реакции на прерывание (мкс)	13
Средняя наработка на отказ (час)	9300
Среднее время восстановления (мин)	20
Первичная сеть	27 В пост. тока, или 220В/50 Гц
Максимальная потребляемая мощность в момент включения (Вт)	1250 (650)
Возможность построения многомашинных комплексов	имеется
Габаритные размеры (мм):	
встраиваемое исполнение	483x296x266
настольное исполнение	483x332x354
Видеомонитор плоскопанельный с разрешением	до 1280x1024
полная функциональная совместимость с архитектурой SPARC	
второй класс защищенности от несанкционированного доступа	
второй уровень контроля недеklarированных возможностей	
ОПО обеспечивает работу систем режима реального времени и многомашинных комплексов в среде ОС Solaris	
ВК обеспечивает возможность работы под управлением ОС MCBC и Linux	
* В скобках указаны значения для 4-слотового варианта ВК	

Отмеченная возможность комплексирования нескольких ЭВМ (например, создание кластеров) существенно повышает производительность, что позволит обеспечить требуемые ресурсы наземных комплексов подготовки разведдонесений.

## **3.2. Вычислительные средства, применимые для оперативной обработки данных, регистрируемых бортовой навигационной и разведывательной аппаратурой**

### **3.2.1. Бортовая ЭВМ «Багет-53»**

Эта ЭВМ имеет открытую архитектуру.

Системная шина - VME-bus, выполнена в соответствии с IEEE 1014-87.

Конструктив модулей - «Евромеханика 6У» выполнен в соответствии с механическим стандартом IEEE 1101.2 с размером платы 160x233,35 мм.

Габаритные и установочные размеры ЭВМ разработаны по ГОСТ 26765.16-87 (4К, 3К, 2К) в вариантах расположения разъемов, как на передней панели, так и на задней (врубной разъем).

Системное программное обеспечение:

Операционная система реального времени ОС РВ Багет 2.0.

Тесты встроенного, расширенного и автономного контроля; библиотеки ввода-вывода.

Основные технические характеристики ЭВМ "Багет-53-30":

Модуль центрального процессора БТ33-205 ЮКСУ.467450.008-01 имеет следующие характеристики:

центральный процессор – КОМДИВ;

внешняя тактовая частота – 33 МГц;

внутренняя 82,5 МГц.

На сегодняшнем уровне задач, которые ставятся для обработки изображений такой производительности явно недостаточно.

Объем ОЗУ – 16 МБ, ширина доступа 32 разряда. Относительно малые объем и разрядность ОЗУ также усложняют требования, предъявляемые к соответствующему программному обеспечению.

### **3.2.2. Встраиваемые ЭВМ серии «Багет-83В»**

Встраиваемые малогабаритные ЭВМ «Багет-83В» ЮКСУ.466225.028, «Багет-83В-01» ЮКСУ.466225.028–01 и «Багет-83В-02» ЮКСУ.466225.028–02 предназначены для применения в комплексах управления оружием, средствами разведки и телекоммуникаций различных видов ВС РФ в качестве центрального бортового вычислителя для решения задач сбора данных и управления объектом и встраиваемой управляющей ЭВМ для управления бортовыми подсистемами; встраиваемого интеллектуального контроллера для создания портативных приборов и навигационных систем.

### 3.2.3. БЦВМ серий Ц400, Ц600

Советские/российские серии бортовых ЭВМ, сигнальные процессоры, разработанные НИИСИ РАН и производящиеся КБ «Корунд-М». Следует отметить, что Ц400 (получивший также индекс «Багет-55-02») выполняет операцию «бабочка» для процедуры быстрого преобразования Фурье со скоростью 40 млн оп./с. Это свойство можно считать существенным при разработке программного обеспечения бортового комплекса навигации и воздушной разведки. Очевидно, что ядром этого обеспечения являются быстрые спектральные алгоритмы (преобразование Фурье, вейвлет-преобразования, преобразование Карунена – Лозва).

## 4. Описание структуры и состава программного обеспечения специализированного АРМ

На рис. 1 приведены основные компоненты, входящие в состав разработанного АРМ, и отражен способ их организации. ПО специализированного АРМ построено по модульному принципу. Это обеспечивается самым простым способом. Управление и инициализация прикладных программ осуществляется пользователем через ПО пользовательского интерфейса с помощью управляющей программы по общей шине команд (на рис 1. отмечено серыми рамками соответствующих блоков). Передача данных осуществляется через буфер – общую шину данных.

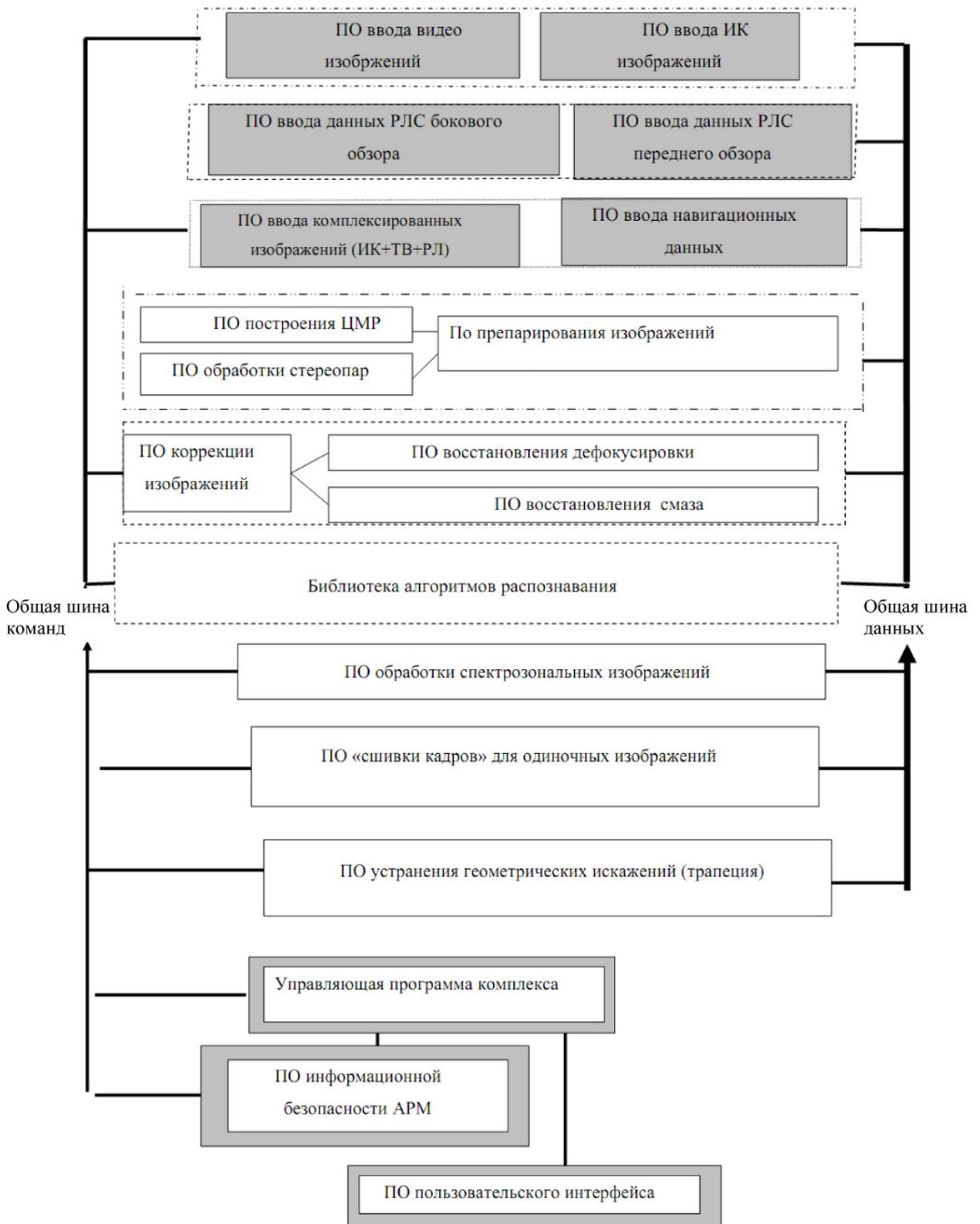


Рис. 1. Структура ПО специализированного АРМ

Таким образом, комплекс является открытым по управлению, дополнительному ПО, данным и возможным периферийным аппаратным средствам. Последнее обеспечивается группой ПО, позволяющим осуществлять полунатурное моделирование с применением реальных, либо эмулированных датчиков разведанных (на рис. 1 помечены сплошным

серым полем). Открытой является и библиотека программ распознавания. Понятно, что такого рода библиотеки не могут быть замкнутыми – множество методов распознавания образов непрерывно расширяется [7 – 18].

Структура базового комплекта приведена на рис. 2.

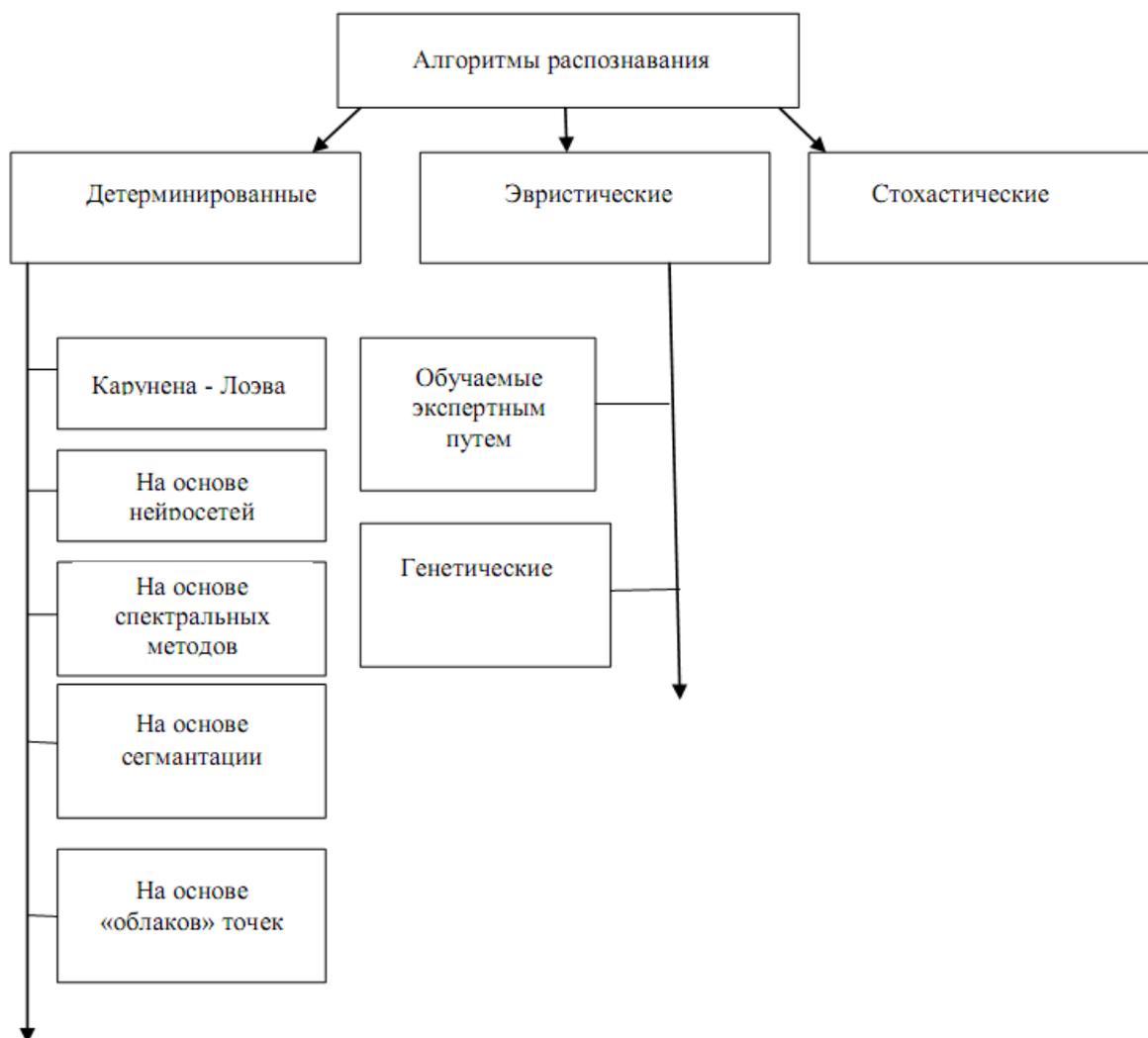


Рис. 2. Структура открытой библиотеки алгоритмов распознавания

Результаты аналитического обзора основных стохастических и эвристических методов распознавания приведены в таблице 3.

Таблица 3. Краткий обзор стохастических и эвристических методов распознавания [19-25]

Классификация методов распознавания	Область применения	Ограничения (недостатки)
Методы, основанные на оценках плотностей распределения значений признаков (или сходства и различия объектов)	Задачи с известным распределением, как правило нормальным, необходимость набора большой статистики.	Отсутствие обобщения. Необходимость перебора всей обучающей выборки при распознавании, высокая чувствительность к непредставительности обучающей выборки и артефактам.
Методы, основанные на предположениях о классе решающих функций	Классы должны быть хорошо разделяемыми, система признаков – ортонормированной.	Отсутствие обобщения. Должен быть заранее известен вид решающей функции. Невозможность учета новых знаний о корреляциях между признаками.
Логические методы	Задачи небольшой размерности пространства признаков.	Отсутствие обобщения. При отборе логических решающих правил (конъюнкций) необходим полный перебор. Высокая вычислительная трудоемкость.
Лингвистические (структурные) методы	Задачи небольшой размерности пространства признаков.	Отсутствие обобщения. Задача восстановления (определения) грамматики по некоторому множеству высказываний (описаний объектов), является трудно формализуемой. Нерешенность теоретических проблем.

Таблица 4. Краткий обзор эвристических методов распознавания [17]

Классификация методов распознавания	Область применения	Ограничения (недостатки)
Метод сравнения с прототипом	Задачи небольшой размерности пространства признаков.	Отсутствие обобщения. Высокая зависимость результатов классификации от меры расстояния (метрики).
Метод k-ближайших соседей	Задачи небольшой размерности по количеству классов и признаков.	Отсутствие обобщения. Высокая зависимость результатов классификации от меры расстояния (метрики). Необходимость полного перебора обучающей выборки при распознавании. Вычислительная трудоемкость.
Алгоритмы вычисления оценок (голосования) АВО	Задачи небольшой размерности по количеству классов и признаков.	Отсутствие обобщения. Зависимость результатов классификации от меры расстояния (метрики). Необходимость полного перебора обучающей выборки при распознавании. Высокая техническая сложность метода.

Программная реализация подавляющего большинства эвристических и стохастических алгоритмов требует значительных ресурсов ЭВМ. Поэтому они предпочтительнее для применения в наземных комплексах воздушной разведки. Именно в этих комплексах разумно реализовать программы с обучением, типовой алгоритм применения которых приведен на рис. 3.



Рис. 3. Процедура обучения

Группа программ, объединенных в ПО обработки спектральнональных изображений включает в себя

- программы компарирования изображений, зарегистрированных в различных спектральных диапазонах электромагнитного излучения;
- программы компарирования изображений, зарегистрированных в различных спектральных поддиапазонах видимого излучения;
- программы совмещения изображений, зарегистрированных в различных спектральных диапазонах электромагнитного излучения.

В программах первой и второй группы реализуются известные способы сравнения изображений.

Программы совмещения изображений отличаются тем, что реализуют совмещение либо в координатной, либо в частотной областях.

ПО устранения геометрических искажений включает себя:

- программу устранения искажений, регистрируемых средствами переднего обзора;
- программу устранения искажений, регистрируемых средствами бокового обзора.

## Заключение

Проведенные аналитический обзор и описание разработанного авторами специализированного АРМ позволили заключить, что продуцируемые с его помощью

программные средства основываются на базе разных алгоритмов и по разному реализуются в бортовых и наземных комплексах воздушной разведки. Для бортовых комплексов, ориентированных на отечественные спецЭВМ, предпочтительнее использовать скоростные спектральные алгоритмы. При этом один из разумных путей оптимизации таких программ является переход к микропрограммированию и частичное применение аппаратной реализации путем разработки микроконтроллеров, либо использование ПО для наземных комплексов, которое реализуется в UNIX- подобных средах (LINUX) и специализированных системах ОС-РВ.

### Список литературы

1. Афиногенов Е.И., Волосатова Т.М., Сельвесюк Н.И., Чичварин Н.В. Метод системного анализа аппаратуры и режимов аэрофоторазведки // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э Баумана. Электрон. Журн. 2011. № 11. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/261314.html> (дата обращения 08.05.13). Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ № МД-1248.2011.8
2. Афиногенов Е.И., Волосатова Т.М., Сельвесюк Н.И., Чичварин Н.В. Метод системного анализа комплексов аэрофоторазведки // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э Баумана. Электрон. Журн. 2011. № 12. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/239824.html> (дата обращения 08.05.13). Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ № МД-1248.2011.8
3. Афиногенов Е.И., Волосатова Т.М., Сельвесюк Н.И., Чичварин Н.В. Анализ методов и средств контроля систем дистанционного зондирования Земли // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э Баумана. Электрон. Журн. 2012. № 2. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/322927.html> (дата обращения 08.05.13). Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ № МД-1248.2011.8
4. Афиногенов Е.И., Волосатова Т.М., Сельвесюк Н.И., Чичварин Н.В. Системный подход к проектированию алгоритмов информационно-управляющей системы летательного аппарата с учетом противодействия информационным подсистемам // Информационные технологии. 2012. № 10. С. 34-44.
5. Бортовые ЭВМ. Режим доступа: <http://www.arms-expo.ru/049050049055124050057051052057.html> (дата обращения 08.05.13).
6. Эльбрус-90 микро. Режим доступа: [russianarms.ru>forum/index.php/topic,11641.0.html](http://russianarms.ru/forum/index.php/topic,11641.0.html) (дата обращения 08.05.13).
7. Белобородова М.Н., Волосатова Т.М. Программа для распознавания образов на аэрофотоснимках преобразованием Хафа // XI МНТК «Научные Технологии и

- Интеллектуальные Системы» (Москва, 2009 г.): материалы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. С. 34 -36.
8. Волосатова Т.М., Татьян Т.С. Обзор алгоритма SIFT // XI МНТК «Научные Технологии и Интеллектуальные Системы» (Москва, 2009 г.): материалы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. С. 31-33.
  9. Волосатова Т.М., Горин Я.А. Синтез изображений из фрагментов видеоизображений в системах мониторинга и разведки // XII МНТК «Научные Технологии и Интеллектуальные Системы» (Москва, 2010 г.): материалы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. С. 145 -147.
  10. Волосатова Т.М., Горин Я.А., Марченков А.М. Разработка программного обеспечения для формирования и обработки стереоизображений // XII МНТК «Научные Технологии и Интеллектуальные Системы» (Москва, 2010 г.): материалы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. С. 78-81.
  11. Волосатова Т.М., Шмакова Н.А. Построение статического 3D изображения с использованием корреляционного метода // XIII МНТК «Научные Технологии и Интеллектуальные Системы» (Москва, 2011 г.): тез. докл. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. С. 192-195.
  12. Волосатова Т.М., Краснов А.С. Метод минимизации пространства информационных признаков в задачах таксономии // XIII МНТК «Научные Технологии и Интеллектуальные Системы» (Москва, 2011 г.): тез. докл. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. С. 176-178.
  13. Афиногенов Е.И., Волосатова Т.М. Отслеживание положения камеры системы компьютерного зрения в трехмерном пространстве в режиме реального времени // XIV МНТК «Научные Технологии и Интеллектуальные Системы» (Москва, 2012 г.): материалы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. С. 76-79.
  14. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов. Режим доступа: [victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/books/](http://victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/books/) (дата обращения 08.05.13).
  15. Волосатова Т.М., Воронов А.В., Чичварин Н.В. Математическое и программное обеспечение решения задачи синтеза для САПР оптико-электронных систем // Информационные технологии. Приложение к журналу. 2008. № 4. С. 2-32.
  16. Афиногенов Е.И., Волосатова Т.М. Программа для восстановления дефокусированных изображений методом регуляризации // XI МНТК «Научные Технологии и Интеллектуальные Системы» (Москва, 2009 г.): материалы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. С. 53 -56.

17. Александров Е.А. Основы теории эвристических решений. Подход к изучению естественного и построению искусственного интеллекта. М.: Радио и связь, 1975. 242 с.
18. Брудно А.Л. Грани и оценки для сокращения перебора вариантов // Проблемы кибернетики. 1963. Вып. 10. С. 141-150.
19. Донской М.В. О программе, играющей в шахматы // Проблемы кибернетики. 1974. Вып. 29. С. 169-200.
20. Адельсон-Вельский Г.М., Арлазаров В.Л., Донской. М.В. Программирование игр. М.: Наука, 1978. 263 с.
21. Бонгард М.М. Проблема узнавания. М.: Физматгиз, 1967. 183 с.
22. Айзерман М.А., Браверман Э.М., Розоноер Л.И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. М.: Наука, 1970. 343 с.
23. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. Статистические проблемы обучения. М.: Наука, 1974. 274 с.
24. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений: учеб. пособие для студентов вузов. М.: Высшая школа, 1983. 185 с.
25. Василенко Г.И., Цибульский Л.М. Введение в статистическую теорию распознавания образов. М.: Наука, 1979. 378 с.

## Special AWS for designing software for navigation complexes and aerial surveillance

# 08, August 2013

DOI: **10.7463/0813.0585918**

Volosatova T.M., Chichvarin N.V., Afinogenov E.I.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation

[tamaravol@gmail.com](mailto:tamaravol@gmail.com)

[genrih.gertz@gmail.com](mailto:genrih.gertz@gmail.com)

[afinogenov.evgeniy@gmail.com](mailto:afinogenov.evgeniy@gmail.com)

This paper is based on the results of investigations of computer-aided design facilities for systems software and software for terrestrial and on-board facilities of aerial surveillance and Earth remote sensing. The article presents a review of typical airplanes used for carrying navigation equipment and aerial surveillance along with the investigation of intelligence equipment, key factors of airplane navigation and hardware properties which determine the quality of intelligence data obtained in different modes of aerial surveillance, special features of intelligence data preprocessing in-flight, peculiarities of ground information system for processing intelligence data and preparing intelligence reports. Configuration of a special AWS was justified.

**Publications with keywords:** [protection means](#), [cryptography](#), [steganographic algorithm](#), [information technology security](#), [unauthorized access](#), [computer steganography](#), [digital steganography](#)

**Publications with words:** [protection means](#), [cryptography](#), [steganographic algorithm](#), [information technology security](#), [unauthorized access](#), [computer steganography](#), [digital steganography](#)

### References

1. Afinogenov E.I., Volosatova T.M., Sel'vesyuk N.I., Chichvarin N.V. Metod sistemnogo analiza apparatury i rezhimov aerofotorazvedki [Method of equipment's and aerial reconnaissance modes' system analysis]. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education of the Bauman MSTU], 2011, no. 11. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/261314.html> , accessed 08.05.13.
2. Afinogenov E.I., Volosatova T.M., Sel'vesyuk N.I., Chichvarin N.V. Metod sistemnogo analiza kompleksov aerofotorazvedki [System analysis for the reconnaissance photography complexes]. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education of the Bauman MSTU], 2011, no. 12. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/239824.html> , accessed 08.05.13.

3. Afinogenov E.I., Volosatova T.M., Sel'vesyuk N.I., Chichvarin N.V. Analiz metodov i sredstv kontrolya sistem distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Analysis of methods and means of controlling Earth remote sensing systems]. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education of the Bauman MSTU], 2012, no. 2. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/322927.html> , accessed 08.05.13.
4. Afinogenov E.I., Volosatova T.M., Sel'vesyuk N.I., Chichvarin N.V. Sistemnyy podkhod k proektirovaniyu algoritmov informatsionno-upravlyayushchey sistemy letatel'nogo apparata s uchetom protivodeystviya informatsionnym podsistemam [The Systems Approach to Design Control Algorithms Considering Aircraft to Counter the Information Subsystems]. *Informatsionnye tekhnologii*, 2012, no. 10, pp. 34-44.
5. *Bortovye EVM* [On-Board computers]. Available at: <http://www.arms-expo.ru/049050049055124050057051052057.html> , accessed 08.05.13.
6. *El'brus-90 mikro*. Available at: [russianarms.ru/forum/index.php/topic,11641.0.html](http://russianarms.ru/forum/index.php/topic,11641.0.html) , accessed 08.05.13.
7. Beloborodova M.N., Volosatova T.M. Programma dlya raspoznavaniya obrazov na aerofotosnimkakh preobrazovaniem Khafa [The program for pattern recognition on aerial photographs using the Hough transform]. *Naukoemkie Tekhnologii i Intellektual'nye Sistemy: materialy 11<sup>th</sup> MNTK* [Knowledge-intensive Technologies and Intelligent Systems: proc. of the 11<sup>th</sup> Youth Scientific and Technical Conference]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2009, pp. 34 -36.
8. Volosatova T.M., Tat'yan T.S. Obzor algoritma SIFT [Overview of SIFT algorithm]. *Naukoemkie Tekhnologii i Intellektual'nye Sistemy: materialy 11<sup>th</sup> MNTK* [Knowledge-intensive Technologies and Intelligent Systems: proc. of the 11<sup>th</sup> Youth Scientific and Technical Conference]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2009, pp. 31-33.
9. Volosatova T.M., Gorin Ya.A. Sintez izobrazheniy iz fragmentov videoizobrazheniy v sistemakh monitoringa i razvedki [The synthesis of images from fragments of video images in systems of monitoring and reconnaissance]. *Naukoemkie Tekhnologii i Intellektual'nye Sistemy: materialy 12<sup>th</sup> MNTK* [Knowledge-intensive Technologies and Intelligent Systems: proc. of the 12<sup>th</sup> Youth Scientific and Technical Conference]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2010, pp.145 -147.
10. Volosatova T.M., Gorin Ya.A., Marchenkov A.M. Razrabotka programmnogo obespecheniya dlya formirovaniya i obrabotki stereoizobrazheniy [Development of software for creation and processing of stereo images]. *Naukoemkie Tekhnologii i Intellektual'nye Sistemy: materialy 12<sup>th</sup> MNTK* [Knowledge-intensive Technologies and Intelligent Systems: proc. of the 12<sup>th</sup> Youth Scientific and Technical Conference]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2010, pp.78-81.
11. Volosatova T.M., Shmakova N.A. Postroenie staticheskogo 3D izobrazheniya s ispol'zovaniem korrelyatsionnogo metoda [Construction of static 3D images using a correlation method]. *Naukoemkie Tekhnologii i Intellektual'nye Sistemy: materialy 13<sup>th</sup> MNTK* [Knowledge-intensive Technologies and Intelligent Systems: abstracts of the 12<sup>th</sup> Youth Scientific and Technical Conference]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2011, pp.192-195.
12. Volosatova T.M., Krasnov A.S. Metod minimizatsii prostranstva informatsionnykh priznakov v zadachakh taksonomii [The method of minimizing of space of information signs in problems of taxonomy]. *Naukoemkie Tekhnologii i Intellektual'nye Sistemy: materialy 13<sup>th</sup>*

*MNTK* [Knowledge-intensive Technologies and Intelligent Systems: abstracts of the 13<sup>th</sup> Youth Scientific and Technical Conference]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2011, pp. 176-178.

13. Afinogenov E.I., Volosatova T.M. Otslezhivanie polozheniya kamery sistemy komp'yuternogo zreniya v trekhmernom prostranstve v rezhime real'nogo vremeni [Tracking the position of camera system of computer vision in three dimensional space in real time].

*Naukoemkie Tekhnologii i Intellektual'nye Sistemy: materialy 14<sup>th</sup> MNTK* [Knowledge-intensive Technologies and Intelligent Systems: proc. of the 14<sup>th</sup> Youth Scientific and Technical Conference]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2012, pp. 76-79.

14. Simankov V.S., Lutsenko E.V. *Adaptivnoe upravlenie slozhnymi sistemami na osnove teorii raspoznavaniya obrazov* [Adaptive control of complex systems based on pattern recognition theory]. Available at: [victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/books/](http://victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/books/), accessed 08.05.13.

15. Volosatova T.M., Voronov A.V., Chichvarin N.V. Matematicheskoe i programmnoe obespecheniie resheniia zadachi analiza i sinteza dlia SAPR optiko-elektronnykh sistem [Mathematical and software solutions for analysis and synthesis problems for CAD of optoelectronic systems]. *Informatsionnye tekhnologii*, 2008, no. 4, suppl., pp. 2-32.

16. Afinogenov E.I., Volosatova T.M. Programma dlya vosstanovleniya defokusirovannykh izobrazheniy metodom regularizatsii []. *Naukoemkie Tekhnologii i Intellektual'nye Sistemy: materialy 11<sup>th</sup> MNTK* [Knowledge-intensive Technologies and Intelligent Systems: proc. of the 11<sup>th</sup> Youth Scientific and Technical Conference]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2009, pp. 53-56.

17. Aleksandrov E.A. *Osnovy teorii evristicheskikh resheniy. Podkhod k izucheniyu estestvennogo i postroeniyu iskusstvennogo intellekta* [Fundamentals of the theory of heuristic solutions. Approach to the study of natural and construction of artificial intelligence]. Moscow, Radio i svyaz', 1975. 242 p.

18. Brudno A.L. Grani i otsenki dlya sokrashcheniya perebora variantov [Facets and evaluation for reducing the search options]. *Problemy kibernetiki*, 1963, no. 10, pp. 141-150.

19. Donskoy M.V. *O programme, igrayushchey v shakhmaty* [The program playing chess]. *Problemy kibernetiki*, 1974, no. 29, pp. 169-200.

20. Adel'son-Vel'skiy G.M., Arlazarov V.L., Donskoy M.V. *Programmirovaniye igr* [Game programming]. Moscow, Nauka, 1978. 263 p.

21. Bongard M.M. *Problema uznnavaniya* [The problem of recognition]. Moscow, Fizmatgiz, 1967. 183 p.

22. Ayzerman M.A., Braverman E.M., Pozonoer L.I. *Metod potentsial'nykh funktsiy v teorii obucheniya mashin* [The method of potential functions in the theory of machine learning]. Moscow, Nauka, 1970. 343 p.

23. Vapnik V.N., Chervonenkis A.Ya. *Teoriya raspoznavaniya obrazov. Statisticheskie problemy obucheniya* [The theory of pattern recognition. Statistical problems of learning]. Moscow, Nauka, 1974. 274 p.

24. Anisimov B.V., Kurganov V.D., Zlobin V.K. *Raspoznavanie i tsifrovaya obrabotka izobrazheniy* [Recognition and digital image processing] Moscow, Vysshaya shkola, 1983. 185 p.

25. Vasilenko G.I., Tsibul'kin L.M. *Vvedenie v statisticheskuyu teoriyu raspoznavaniya obrazov* [Introduction to statistical theory of pattern recognition]. Moscow, Nauka, 1979. 378 p.