

Бережковская наб., д. 22, стр. 3,  
г. Москва, 121059  
тел.: (499) 418-00-25, факс: (499) 418-00-26  
e-mail: fpi@fpi.gov.ru, www.fpi.gov.ru

281021

№ РПИ/1/10-3407

На № 80/99 от 22.09.2021

*Отзыв на автореферат*

Экз. № 1

**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор,  
доктор технических наук,  
почётный профессор МФТИ

 А.И. Григорьев

 2021 г.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бобровского Алексея Ивановича  
«Теоретические основы синтеза методов и алгоритмов адаптивной обработки  
видеоинформации в космических системах наблюдения динамических сцен»,  
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по  
специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации

Необходимость постановки и решения проблемы совершенствования бортовых космических оптико-электронных систем контроля космического пространства и орбитального обслуживания несомненна. Она подтверждается такими факторами, как интеллектуализация технологий, а также возрастание требований к эффективности обнаружения, классификации космических объектов и к точности измерения их пространственно-временных координат в широком диапазоне условий наблюдения с учетом реального масштаба времени.

Диссертация А.И. Бобровского посвящена развитию теоретических основ синтеза космических видеоинформационных систем (ВИС). Для наиболее полного учета перечисленных выше факторов автором обоснованно сделан акцент на совместную адаптивную обработку изображений в фотоприёмной матрице и бортовом вычислителе с целью расширения диапазона условий наблюдения и повышения качества информации, необходимой для выполнения целевых задач аппаратами носителями ВИС. Ввиду усложнения космической обстановки и повышения ее изменчивости, предлагаемый в диссертации подход представляется вполне адекватным. Таким образом, **актуальность темы** диссертационного исследования не вызывает сомнения.

Как следует из автореферата, в диссертации решается сложная **научно-техническая проблема**, имеющая важное прикладное и хозяйственное значение для космической отрасли Российской Федерации, и связанная с наличием противоречия между ограниченной скоростью передачи и обработки видеоинформации в бортовых системах наблюдения в условиях существенных ресурсных ограничений и необходимостью достижения в реальном масштабе времени высокого качества

передаваемой информации, обеспечивающего высокую достоверность обнаружения и точность измерения пространственно-временных координат космических объектов в широком диапазоне дальностей и видимых скоростей.

Разрешение указанного противоречия автор диссертации проводит посредством решения комплекса крупных задач, составляющих основу развития теории синтеза адаптивных космических видеоинформационных систем и обеспечивающих достижение цели диссертационного исследования.

Как показывает автореферат диссертации, ее автором получены следующие **основные результаты**, обладающие научной новизной, теоретической и практической значимостью.

1. Разработана концепция адаптации параметров видеоинформационной космической системы, основанная на принципе доминантной информации в соответствии с предложенным С.П. Королевым этапным (итерационным) способом сближения КА, которая предусматривает максимизацию качества выдаваемой информации за счет согласования параметров фотоприёмника, селектора сигнала целевого объекта и кодирования изображения наблюдаемой сцены с учетом ее динамики. Такая концепция сквозной системной оптимизации позволяет на порядок увеличить дальность обнаружения и одновременно уменьшить погрешность оценивания пространственно-временных координат объекта, что особенно важно в задачах сближения объектов в космосе.

2. Разработаны критерий оптимизации, метод и алгоритм обработки информации в контуре управления кадровой частотой, охватывающем и фотоприёмную матрицу и бортовой вычислитель при селекции на большой дальности оптического сигнала целевого объекта, что позволяет существенно расширить горизонт чувствительности системы.

3. Обоснован критерий, предложен метод и синтезирован алгоритм адаптации для обработки видеоинформации на ближней дистанции. Это позволило осуществить адаптацию кадровой частоты с обменом на разрешение, и приблизить границу своевременной реакции на события наблюдаемой сцены с расширением диапазона дальностей кооперируемого КА, на которых минимизируется сумма ошибок оценивания пространственных и временных координат.

4. Разработан метод кодирования источника видеоизображения в адаптивной ВИС, опирающийся на критерий минимума взвешенной среднеквадратической погрешности с учетом раздельного вклада объекта и фона, позволяющий значительно сократить требуемую скорость передачи видеоинформации.

5. Разработаны методы и алгоритмы обработки информации в адаптивной ВИС контроля сближения КА, характеризующиеся высокой степенью распараллеливания обработки и предполагающие экономичную аппаратную реализацию. На основе полученных результатов разработан нейросетевой метод селекции изображений КА на фоне звёзд в широком диапазоне условий наблюдения, обеспечивающий близкую к потенциальной достоверность селекции и пригодный для реализации в перспективных системах на кристалле.

**Научная новизна** полученных автором результатов, как следует из автореферата, основана на использовании новой парадигмы обработки видеоинформации: адаптацией параметров изображения наблюдаемой сцены к динамическим характеристикам наблюдаемых объектов с приложением принципа

доминантной информации и критерия минимума информационного риска к синтезу методов и алгоритмов адаптивной обработки видеинформации. Новыми при этом являются:

1. Обоснованная автором диссертации функциональная структура адаптивной видеинформационной системы, включающая три объекта управления с регулируемыми параметрами (фотоприёмник, селектор объекта и кодер источника), многоконтурное управление параметрами фотоприёмника, а также каналы управления параметрами селектора изображения объекта и кодера источника видеинформации для передачи по каналу связи.

2. Обоснованные в диссертации критерии адаптации, методы и алгоритмы адаптивной обработки видеинформации, уравнения управления параметрами фотоприемника, реализующие оптимальный автовыбор параметров системы для двух групп задач в соответствии с условиями функционирования:

оптимизации кадровой частоты и времени накопления для минимизации ошибок классификации (различия объекта и фона) и сокращения задержки принятия решения;

оптимизации кадровой частоты с обменом на чёткость для достижения максимума времени накопления, при котором сумма ошибок оценивания пространственных и временных координат объекта не превышает допустимого значения.

3. Предложенный метод кодирования изображения, оптимальный по критерию минимума взвешенной среднеквадратической ошибки с различными весами ошибки передачи изображения объекта и фона.

4. Разработанные метод и алгоритм классификации изображений космических объектов на дальней дистанции на фоне звёзд по признаку скоростного смаза методом кластерного анализа с использованием оценки отношения радиусов инерции сигналов по двум ортогональным осям.

**Теоретическая значимость** результатов, полученных соискателем, как следует из автореферата, обоснована следующими положениями:

1) доказано существование оптимального управления и получены новые формулы для управления адаптацией кадровой частоты на основе различных критериев качества информации для разных дистанций и динамических свойств наблюдаемых сцен;

2) предложены новые методы и алгоритмы обнаружения объектов, адаптации времени накопления сигнала и кодирования источника в прикладных телевизионных системах наблюдения динамических сцен;

3) введены важные понятия горизонта крупной детали и границы своевременной реакции, разделяющие различные этапы наблюдения и используемые методы адаптации кадровой частоты, разрешения и времени накопления сигнала;

4) изложены методы параметрического синтеза многоконтурных адаптивных систем управления видеинформационной системы наблюдения динамических сцен.

**Практическая значимость** результатов, полученных диссертантом, заключается в том, что, как следует из автореферата, разработанные автором теоретические основы синтеза адаптивных видеинформационных систем для наблюдения космических динамических сцен позволяют проектировать

оптимизированные адаптивные бортовые оптико-электронные системы наблюдения с улучшенными характеристиками обнаружения и классификации космических объектов в широком диапазоне условий наблюдения. Практическая значимость результатов диссертации в достаточной степени подтверждена актами внедрения ее результатов в передовых научно-производственных предприятиях космической отрасли.

**Достоверность** полученных результатов, как следует из автореферата, подтверждается результатами имитационного моделирования адаптивной ВИС с использованием изображений космических динамических сцен, полученных в натурных условиях.

Как следует из автореферата, результаты исследований, полученные автором диссертации, прошли **достаточную апробацию** на научно-технических конференциях и с **достаточной полнотой опубликованы** в изданиях, входящих в Перечень ВАК, и в изданиях, включённых в международные базы цитирования Scopus и Web of Science.

В автореферате корректно указаны пункты паспорта специальности, которым соответствуют результаты диссертационной работы.

В диссертации, как следует из автореферата, имеются следующие **недостатки**:

1) недостаточно полно проанализированы возможные способы ориентации и стабилизации визирной оси адаптивной ВИС, от которых могут зависеть динамические характеристики изображений наблюдаемых объектов;

2) не приведена теоретическая оценка порогового значения времени накопления, необходимого для надежного различия сигналов по признаку скоростного смаза;

3) для величины  $\delta$ , обеспечивающей устойчивость управления при одновременных флюктуациях оценок смаза и отношения сигнала/шум, не указан рекомендуемый диапазон ее значений;

Перечисленные недостатки следует рассматривать как рекомендации для дальнейших исследований.

Вывод: в диссертации Бобровского А.И. решена актуальная научно-техническая проблема, имеющая важное хозяйственное и прикладное значение, диссертационная работа соответствует критериям п. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, относящимся к докторским диссертациям, а ее автор, Бобровский А.И., заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Заместитель руководителя Национального центра  
развития технологий и базовых элементов робототехники  
доктор технических наук, доцент

А.Ф. Кононов

