

НАЦИОНАЛЬНЫЙ АВИАЦИОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

РЯБУХА ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

УДК 621.391.2: 004.056

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ДИСТАНЦИОННЫХ ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ
РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ АЭРОМОНИТОРИНГА КРИЗИСНЫХ
СИТУАЦИЙ**

21.05.01 – информационная безопасность государства

Диссертация на соискание ученой степени доктора
технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
БАРАННИК Владимир Викторович

Киев – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА В СИСТЕМЕ АЭРОМОНИТОРИНГА КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВСУ.....	24
1.1. Обоснование роли и места бортовых комплексов аэромониторинга для обеспечения информационного превосходства в системах управления кризисными ситуациями военной специфики	25
1.2. Разработка показателей оценки категорий безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций.....	35
1.3. Построение модели угроз безопасности дистанционному информационному ресурсу в системе аэромониторинга кризисных ситуаций..	43
1.4. Обоснование актуальности и значимости угроз доступности и целостности безопасности видеоинформационного ресурса бортовых систем аэромониторинга кризисных ситуаций	51
1.5. Постановка научно-прикладных задач на исследования	69
Выводы	76
РАЗДЕЛ 2. ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ НАУЧНЫХ ОСНОВ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИР ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ДОСТУПНОСТИ И ЦЕЛОСТНОСТИ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ АКТУАЛЬНЫХ УГРОЗ.....	79
2.1. Обоснование значимых дестабилизирующих факторов определяющих дисбаланс между доступностью и целостностью дистанционного видеоинформационного ресурса аэромониторинга кризисных ситуаций.....	80
2.2. Обоснование направления для повышения эффективности системы обеспечения безопасности ДВИР для беспилотных бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций.....	92
2.3. Разработка концепции компромиссов для создания научных основ	

повышения безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса.	102
Выводы	113
РАЗДЕЛ 3. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ СТЕПЕНИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ИХ СЕМАНТИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ.....	116
3.1. Разработка концепции метода и технологии интеллектуальной обработки ВИР с идентификацией степени информативности семантического содержания.....	117
3.2. Разработка модели для оценки эффективности автоматической семантической идентификации сегментов аэрофотоснимков.....	133
3.3. Оценка эффективности метода идентификации сегментов видеокадров по степени их семантической информативности.....	140
Выводы	156
РАЗДЕЛ 4. МЕТОД ИНФОРМАТИВНОГО СИНТАКСИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИ ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ В ДВУХАЛФАВИТНОМ БИАДИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ.....	163
4.1. Создание метода интеллектуальной обработки видеоснимка с автоматической идентификацией семантической информативности.....	164
4.2. Модель представления контурированной видеопоследовательности на основе выявления структурных локально-пространственных характеристик...	170
4.3. Метод оценки синтаксической информативности контурированного сегмента в двухбазисном биадическом пространстве.....	180
Выводы	195
РАЗДЕЛ 5. МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕОСНИМКА С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ.....	200
5.1. Разработка метода создания информативного синтаксического представления КВП на основе двухбазисного биадического кодирования....	201
5.2. Построение метода формирования двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания.....	214
5.3. Верификация созданного кодирования в общей технологии обработки статических ВИР.....	222

Выводы.....	232
РАЗДЕЛ 6 МЕТОД ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ДИСТАНЦИОННО- ФОРМИРУЕМОГО ВИДЕОИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА В СИСТЕМЕ АЭРОМОНИТОРИНГА КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ.....	237
6.1. Разработка метода оценки целостности видеоинформационных ресурсов для двухконцептуального метода обработки видеок кадров с идентификацией их семантической нагрузки.....	238
6.2. Сравнительная оценка характеристик методов обработки видеок кадров относительно обеспечения целостности видеоинформационного ресурса.....	245
6.3. Построение метода оценки доступности дистанционного информационного ресурса в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций.....	254
6.4. Сравнительная оценка методов обработки дистанционных видеоинформационных ресурсов относительно обеспечения их доступности в условиях требуемого уровня целостности.....	260
Выводы.....	277
ВЫВОДЫ.....	286
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	304
Приложение А. Сегменты реальных аэрофотоснимков с разной степенью семантической информативностью	330
Приложение Б. Результаты обработки ключевых сегментов выбранных аэрофотоснимков в зависимости от выбранного метода выделения контурной информации.....	334
Приложение В. Акты реализации научно-прикладных результатов исследований.....	342

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АЭРМ	–	аэромониторинг
БПЛА	–	беспилотный летательный аппарат
ДВИР	–	дистанционный видеоинформационный ресурс
ДДВИР	–	державный дистанционный видеоинформационный ресурс
ДПЛА	–	дистанционный беспилотный летательный аппарат
БЗУ	–	бортовое запоминающее устройство
ВСУ	–	Вооруженные Силы Украины
ДББЧ	–	двухбазисное биадическое число
ДПК	–	дискретное косинусное преобразование
ИКС	–	информационно-коммуникационная система
КВП	–	контурированная видеопоследовательность
КС	–	кризисная ситуация
ЛПР	–	лицо, принимающее решение
ПЧ ЛКО	–	позиционное число с локально-контурными ограничениями
ПО	–	программное обеспечение
ПОСШ	–	пиковое отношение сигнал/шум
РМ	–	разработанный метод
СЕ	–	структурная единица
СС	–	семантическое содержание
СтМ	–	стандартизированный метод
ЭСО	–	эффективное синтаксическое описание
CIA	–	confidentiality, integrity and availability
CIF	–	Common Intermediate Format
GT	–	ground truth image
NCW	–	концепция "сетцентрической войны"
RMSE	–	Root Mean Square Error

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Особое геополитическое положение Украины, ее военное, экономическое, общественно-политическое состояние, наличие сложных конфликтных ситуаций, наличие стратегических производств определяют совокупность угроз Национальной безопасности и создают условия для появления множества различных кризисных ситуаций (КС) военной и мирной специфики [8; 9; 49 – 54; 57; 67; 68; 72; 80; 83; 86; 87; 89; 90; 116; 130; 131; 162].

Ключевой составляющей предупреждения, локализации и ликвидации КС являются Вооруженные Силы Украины (ВСУ). При этом эффективность применения ВСУ зависит от состояния системы управления войсками, вооружением и военной техникой. В свою очередь внедрение информационных технологий в процессы организации и управления в кризисных ситуациях повлияло на возникновение новой оперативно-стратегической категории, получившей название "*Информационное превосходство*" [8; 89; 90; 116].

Учитывая характер процессов, лежащих в основе кризисных ситуаций с одной стороны, и необходимость обеспечения информационного превосходства с другой стороны, возникает существенная потребность в получении различных видов информации. Здесь ключевым является видеоинформационное взаимодействие. Это обусловлено следующими причинами: обеспечивается наиболее семантически информативное, полное и наглядное получение информации; появляется возможность для оценки достоверности получаемой информации; повышается интеллектуализированность процесса принятия решений. В связи с чем, базируясь на значимой роли видеоинформации в системе управления кризисными ситуациями, имеющими высокую важность для различных сфер деятельности государства, можно утверждать, что видеоинформационный ресурс (ВИР), используемый для систем управления в КС является составляющим государственных информационных ресурсов [8; 15 – 17; 29; 177].

Как показывает практика применения ВСУ в современных кризисных

ситуациях с учетом использования новейших интегрированных технологий основными источниками видеоинформации являются системы аэромониторинга (АЭРМ) с использованием беспилотных бортовых комплексов. Значит, видеоинформационные ресурс, формируемый на бортовых комплексах системы АЭРМ КС мирной и военной специфики, является государственным дистанционным видеоинформационным ресурсом (ГДВИР) [9; 43; 68; 87; 90; 107; 116].

В современных операциях основной характеристикой процесса информационного обеспечения систем управления в КС на основе использования АЭРМ является *время доведения видеоинформационного ресурса*. Базовыми характеристиками процесса информационного обеспечения с использованием АЭРМ являются: показатели качества видеоинформационного ресурса с позиции возможности его дальнейшего анализа и изъятия достоверной информации; полнота видеоресурса; достоверность информации; скрытность и живучесть систем видеомониторинга; квалификация ЛПР. Соответственно нарушение данных характеристик есть суть потери безопасности государственной информации и снижение эффективности информационного обеспечения.

Значит, эффективность информационного обеспечения систем управления кризисными ситуациями определяется категориями информационной безопасности. Оперативность и достоверность доведения информации с использованием бортовых комплексов АЭРМ характеризуется степенью обеспечения доступности, целостности и конфиденциальности информационных ресурсов.

Обеспечение безопасности ДВИР для бортовых комплексов БПЛА решается в составе единого комплекса мероприятий по обеспечению информационной безопасности в системе аэромониторинга кризисных ситуаций. В тоже время особенностью обеспечения безопасности ДВИР является то, что в зависимости от условий полета и режимов формирования видеоданных варьируются уязвимости безопасности информационного ресурса. Вследствие чего происходят изменение не только самих угроз безопасности видеоданных бортовых комплексов, но и их

актуальности и значимости [8; 17; 53].

Как показал анализ модели информационной безопасности ДВИР в системе аэромониторинга КС, существующие уязвимости при формировании и передаче видеоинформационного ресурса с борта БПЛА создают предпосылки к возникновению угроз безопасности ДВИР, в первую очередь таких категорий безопасности, как доступности и целостности [8; 17; 38; 39; 105].

Таким образом, в процессе обеспечения информационного обеспечения (информационного превосходства) систем управления ВСУ в кризисных ситуациях военной и мирной специфики с использованием беспилотных летательных средств комплекса аэромониторинга существует следующая иерархия противоречий:

1. Противоречие на уровне управления ВСУ в кризисных ситуациях. С одной стороны аэромониторинг с использованием ДПЛА является эффективным направлением для обеспечения информационного превосходства при управлении ВСУ в кризисных ситуациях. С другой стороны повышаются угрозы потери безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга с использованием БПЛА в кризисных ситуациях до **критического уровня**.

2. Противоречие на уровне информационного обеспечения с использованием беспилотных комплексов АЭРМ. С одной стороны существует возможность повысить скрытность и живучесть бортового комплекса и снизить вероятность угрозы потери источника ДВИР. С другой стороны повышаются угрозы потери безопасности ДВИР по категориям целостности и доступности, как наиболее актуальных и значимых для аэромониторинга кризисных ситуаций военной и мирной специфики.

3. Уровень обеспечения безопасности ДВИР на технологическом уровне конструирования и проектирования системы обеспечения безопасности информации, включая информационные технологии и методы обработки ДВИР. С одной стороны существует возможность повысить целостность ДВИР. С другой стороны происходит увеличение вероятности угрозы потери доступности ДВИР в

системе АЭРМ с использованием БПЛА.

Значит, можно утверждать, что существует **актуальная научно-прикладная проблема**, состоящая в необходимости повышения безопасности дистанционного державного видеоинформационного ресурса аэромониторинга с использованием БПЛА для обеспечения эффективности управления ВСУ в кризисных ситуациях военной и мирной специфики.

Для снижения потерь безопасности информационного ресурса формируется система обеспечения доступности и целостности ДВИР аэромониторинга на базе беспилотных бортовых комплексов.

Однако существующие теоретические основы и методы не обеспечивают требуемого уровня безопасности ДВИР по категориям целостности и доступности с учетом комплекса уязвимостей процесса информационного обеспечения с использованием беспилотных бортовых средств, а именно [1 – 8; 11; 44; 48; 55; 56; 59; 60; 65; 69; 74 – 78; 96 – 99; 101 – 103; 109; 110; 113; 114; 133; 165; 170; 171; 173 – 175; 179 – 186; 193 – 216; 221 – 231]:

1. Не обеспечивают возможность для локализации комплекса угроз потери безопасности ДВИР в условиях проведения АЭРМ в кризисных ситуациях.

2. Существует противоречие, состоящее в том, что снижение уровня одних угроз приводит к повышению актуальности и значимости угроз другой группы.

3. Не устраняют и не локализуют дисбаланс между обеспечением категорий доступности и целостности ДВИР.

4. Технологии и методы обработки для бортовых комплексов недостаточно эффективны для информационного обеспечения даже при отсутствии атак злоумышленника.

В тоже время:

1. Повышаются требования к эффективности информационного обеспечения систем управления ВСУ в кризисных ситуациях.

2. Повышается актуальность и значимость угроз потери безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса до **критического уровня** по категориям целостности и доступности в условиях аэромониторинга с

использованием ДПЛА в кризисных ситуациях с учетом наличия противоборства сторон.

Необходимо снизить (локализовать) дисбаланс между обеспечением категорий доступности и целостности ДВИР с учетом комплекса уязвимостей процесса информационного обеспечения с использованием беспилотных бортовых средств аэромониторинга для повышения эффективности управления ВСУ кризисных ситуациях военной и мирной специфики.

Отсюда разработка теоретических основ и методов повышения безопасности дистанционных видеоинформационных ресурсов в системе аэромониторинга кризисных ситуаций является *актуальной тематикой научно-прикладных исследований*.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Проведенные диссертационные исследования выполнены в рамках заданий: законов Украины "Про основы национальной безопасности Украины" от 19.06.2003 №964-IV, "Про Концепцию Национальной программы информатизации" от 04.02.1998 №75/98-ВР, «Про информацию», «Про защиту информации в автоматизированных системах», «Про государственную тайну», «Про научно-техническую информацию», "Концепции (основы государственной политики) национальной безопасности Украины" от 16.01.1997 №3/97-ВР, "Комплексной программы развития и реформирования Вооруженных Сил Украины на период до 2017 року", утвержденной указом Президента Украины от 02.09.2013 №479/2013, планами научной и научно-технической деятельности Харьковского университета Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, в рамках которых выполнена НИР "Розробка комплексної моделі захисту інформації в автоматизованих системах управління спеціального призначення на пунктах управління Повітряних Сил Збройних Сил України", шифр "Палітра" № 0101U001748, в которой автор диссертации был исполнителем.

Цель исследований. Цель диссертационной работы заключается в разработке научных основ повышения доступности и целостности дистанционного ВИР с использованием беспилотных бортовых комплексов

аэромониторинга кризисных ситуаций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научно-прикладные задачи:

1. Обосновать направление разработки научных основ в системе обеспечения безопасности ДВИР для повышения его доступности и целостности в условиях наличия актуальных угроз.

2. Разработать новые методологии интеллектуальной обработки видеoinформационных ресурсов на основе идентификации степени информативности их семантического содержания в автоматическом режиме в условиях проведения аэромониторинга беспилотными бортовыми комплексами. Решение задачи базируется на выполнении следующих научно прикладных заданий: построить концепцию интеллектуальной обработки ВИР с идентификацией степени информативности семантического содержания; разработать модель для оценки эффективности автоматической семантической идентификации сегментов аэрофотоснимков; создать методологию и провести оценку эффективности метода идентификации сегментов видеокадров по степени их семантической информативности.

3. Создать метод информативного синтаксического описания семантически идентифицированных кадров. Требуется решить такие научно прикладные задания: построить модель эффективного синтаксического описания с учетом наличия контурной информации; построить метод оценки синтаксической информативности в сегментированных видеокадрах.

4. Разработать метод повышения безопасности ДВИР на основе интеллектуальной обработки видеоснимков с автоматической идентификацией семантической информативности. Для этого необходимо решить такие научно прикладные задания: разработать метод формирования информативного синтаксического представления с учетом контурной информации и выявления структурных закономерностей; построить верификацию созданного кодирования в общую технологию обеспечения безопасности статических ДВИР.

5. Разработать метод и программную реализацию оценки безопасности

дистанционно-формируемого ВИР в системе аэромониторинга кризисных ситуаций. Для чего требуется: создать методы оценки целостности и доступности видеоинформационных ресурсов для метода обработки видеок кадров с идентификацией их семантической нагрузки; провести сравнительную оценку характеристик методов обработки видеок кадров относительно обеспечения целостности и доступности ДВИР.

Объект исследования. Процессы обеспечения безопасности ДВИР аэромониторинга с использованием БПК с учетом комплекса уязвимостей процесса информационного обеспечения в условиях использования беспилотных бортовых средств аэромониторинга для повышения эффективности управления ВСУ в кризисных ситуациях военной и мирной специфики.

Предмет исследования. Разработка теоретических основ и методов повышения доступности и целостности ДВИР в условиях наличия угроз и уязвимостей.

Методы исследования. Обоснование необходимости повышения информационной безопасности видеоинформации в процессе информационного обеспечения систем управления кризисных ситуаций на базе использования бортовых комплексов аэромониторинга базировалось на положениях теории информационных войн и методов обеспечения информационной безопасности. Формирование системы показателей оценки эффективности системы обеспечения информационной безопасности по категориям доступности и целостности дистанционного видеоинформационного ресурса для комплексов аэромониторинга проводилось на основе теории методы системного анализа, теории эффективности функционирования технических систем. Обоснование актуальных и значимых угроз ДВИР в системе аэромониторинга кризисных ситуаций с использованием ДПЛА осуществлялось на базе теории рисков, теории множеств, методов математической статистики, теории неопределенности. Разработка методов повышения безопасности видеоинформационных ресурсов организовывалась с использованием методов теории фильтрации, теории информации и кодирования, методов цифровой обработки изображений.

Научная новизна обусловлена решением научно-прикладной проблемы, состоящей в необходимости повышения безопасности дистанционного державного видеоинформационного ресурса аэромониторинга с использованием БПЛА для обеспечения эффективности управления ВСУ кризисных ситуациях военной и мирной специфики.

Научная новизна результатов исследований заключается в том, что:

1. Получили дальнейшее развитие теоретические основы интеллектуальной обработки видеок кадров на основе маскирования контурной информации. Это обеспечивает создание условий для повышения доступности и целостности видеоинформационного ресурса путем дифференцированной интеллектуальной обработки видеок кадров.

Данный концептуальный новый научный результат базируется на следующих новых научных результатах.

1.1. Впервые создана **метрика** для определения количества семантической информативности сегмента видеок кадра на основе использования контурной информации. Отличительной особенностью метрики является то, что на основе определения матрицы весовых указателей, несущих признаковую информацию о наличии контурного элемента в двоичной маске, **устанавливается** косвенная эмпирическая взаимосвязь между **количеством** семантической информативности сегмента видеок кадра и **количеством** информации в двоичной маске сегмента с учетом двумерных структурно-комбинаторных закономерностей. Это обеспечивает проведение количественной идентификации сегментов аэрофотоснимков по степени семантической информативности в системах интеллектуальной обработки видеоинформационных ресурсов.

1.2. Впервые разработан метод **автоматической идентификации** видеоснимков по степени информативности их семантического содержания на основе оценки количества контурной информации. Отличительные характеристики метода заключаются в том, что: идентификация проводится автоматически на основе количества семантической информативности сегмента видеок кадра и установления эмпирической взаимосвязи между порогами и

степенью (классом) семантической сложности с дополнительной адаптацией к наличию избыточного веса маски контурной информации. Это обеспечивает проведение классификации сегментов аэрофотоснимков по степени сложности их семантического содержания.

2. Впервые разработан **метод** информативного синтаксического описания семантически идентифицированных кадров в двухалфавитном биадическом пространстве. Отличительные особенности метода заключаются в синтезе эффективного описания контурированных сегментов видеокadra в структурно-позиционном пространстве с сохранением значимой контурной информации на основе использования **интегрированных** знаний структурно-семантической обработки видеоинформационных ресурсов, а именно: степени семантической информативности сегмента, контурной информации сегментов, структурных локально-пространственных закономерностей контурированных видеопоследовательностей. Это позволяет системно обосновать направление для создания эффективного представления видеоинформационного ресурса на синтаксическом уровне описания используя знания о его семантическом содержании для повышения информационной безопасности.

3. Впервые созданы теоретические основы для построения **концептуального метода** повышения безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе эффективного синтаксического представления видеокadров с учетом знаний, полученных в результате интеллектуальной обработки их семантического содержания. Это обеспечивает формирование информационного синтаксического представления видеокadra с заданным уровнем семантической целостности и доступности видеоинформационного ресурса.

Данные теоретические положения базируются на следующих новых научных результатах.

3.1. Впервые создан метод формирования кодового идентификатора информативного синтаксического представления для неравномерной контурированной видеопоследовательности. В отличие от других для данного

метода характерно то, что строится система аналитических соотношений, позволяющих синтезировать кодовое значение для неравномерной контурированной видеопоследовательности с маской по опорным элементам с учетом вектора локальных контурных перепадов для варианта, когда индексация элементов КВП проводится без привязки к текущей позиции в строке сегмента, как биадического числа в двухбазисном пространстве. Это обеспечивает формирование эффективного синтаксического представления для контурированной видеопоследовательности без потери целостности семантической и синтаксической информации.

3.2. *Впервые* разработан метод информативного синтаксического представления видеокадра на основе его сегментации по контурированным видеопоследовательностям. Основные отличительные характеристики метода заключаются в том, что информативное синтаксическое представление строится на основе:

- технологии двухбазисного биадического кодирования контурированных видеопоследовательностей в режимах, когда индексация их элементов проводится: без привязки к текущей позиции в строке сегмента; с учетом текущей позиции их элементов в строке, но без учета позиций опорных элементов незначимой составляющей; с учетом текущей позиции их элементов в строке и с учетом позиций опорных элементов в незначимой составляющей;

- технологии кодирования двухбазисных биадических чисел с учетом свертки кодовых составляющих незначимой и контурной составляющих КВП в единое число на основе функционала, задающего признак идентификации позиций элементов относительно незначимой и контурной составляющих.

Это обеспечивает возможность интегрирования созданного информативного представления в различных условиях построение базовой платформы обработки видеокадров и снижение временных задержек на обработку.

3.3. *Впервые* синтезирован метод формирования двоичных кодовых конструкций синтаксического описания видеокадров на основе стратегии

неравномерного кододобирования. Базовыми отличительными особенностями метода является обеспечение двоичного кододобирования неравномерных контурированных видеопоследовательностей в двухбазисном биадическом пространстве на основе установления и учета верхнего порога на значение кода контурированной видеопоследовательности в зависимости от параметров структурных локально-пространственных ограничений ее незначимой и ключевой составляющих в условиях отсутствия дополнительных служебных данных. Это обеспечивает установление соотношения между исключением внесения количества кодовой избыточности и потерями целостности по причине не соответствия режима двоичного кододобирования.

3.4. **Впервые** синтезирован метод верификации обработки ВИР на основе формирования четырех базовых уровней построения кодовых конструкций. В отличие от существующих подходов учитывается уровень формирования контурированной видеопоследовательности, построения двухбазисных биадических чисел и наличие служебной информации о маски контурной информации, векторах признаков наличия контурных элементов. Это позволяет обеспечить заданный уровень семантической целостности получаемых после реконструкции статических ВИР, необходимый уровень информативности синтаксического описания, отвечающий требованиям по доступности статического ВИР в системах аэромониторинга.

4.1. **Впервые** разработан метод оценки потери целостности видеоинформационного ресурса на основе метода его семантической обработки видеокadra с последующим эффективным синтаксическим описанием с использованием критических уровней значений пикового отношения сигнал/шум. Отличительные особенности метода заключаются в том, что учитывается механизм влияния процесса семантической обработки и идентификации сегментов на параметры процесса формирования эффективного синтаксического описания ВИР; учитывается механизм локализации ошибок семантической обработки сегментов на уровне формирования их информативного

синтаксического описания. Это позволяет снизить потери целостности дистанционного статического видеoinформационного ресурса.

4.2. **Впервые** разработан метод оценки вероятности, с которой обеспечивается доступность видеoinформационного ресурса, на основе формирования эффективного синтаксического представления видеокadra. Отличительными характеристиками метода являются обеспечение возможности относительно: выделения и доступности сегментов, имеющих значимое семантическое содержание; формирования эффективного синтаксического описания аэрофотоснимков на основе выявления пространственно-локальных структурных закономерностей для контурированных кадров с учетом автоматической интеллектуальной адаптации по степени семантической информативности сегментов. Это позволяет провести оценку доступности дистанционного информационного ресурса с заданным уровнем целостности в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций.

Новизна полученных результатов подтверждается отсутствием разработанных теоретических положений и методов в существующих положениях теории и практики цифровой обработки изображений и кодирования информации, теории обеспечения безопасности информационных ресурсов.

Практическое значение полученных результатов исследований состоит в том, что внедрение результатов научно-прикладных исследований при организации информационного обеспечения систем управления кризисных ситуаций военной и мирной специфики на базе беспилотных бортовых комплексов аэромониторинга на основе программно-аппаратных реализаций позволило обеспечить следующие результаты:

1. Разработанный метод обработки ВИР с интеллектуальной идентификацией их семантического содержания обеспечивает возможность для сохранения целостности сегментов видеокadров, что проявляется в следующем:

1) выигрыш для РМ в режиме 1 относительно стандартизированных технологий в стратегии квантования 1 достигается на уровне 7 дБ для сегментов с незначимой семантической нагрузкой и 50 дБ для сегментов со значимой

семантической нагрузкой. При этом в режимах 1 и 2 для разработанного метода обеспечивается доступность дистанционного информационного ресурса в реальном времени;

2) в динамике оценки сегментов для РМ более 90% сегментов попадают под нижний допустимый критический уровень ПОСШ. При этом сегменты со значимой семантической нагрузкой на 100% попадают выше уровня максимальной критической границы ПОСШ. Для СтМ в трубу по нижнему критическому уровню ПОСШ попадают только сегменты с незначимой семантикой контекста, и только в режиме потери целостности.

2. Разработанный метод формирования информативного синтаксического описания видеокадров с интеллектуальной идентификацией семантической информативности обеспечивает условия для сохранения целостности аэрофотоснимков с различной степенью насыщенности деталями и разным ландшафтом. Это проявляется в том, что для разработанного метода в режиме 1 вероятность потери целостности видеоинформационных ресурсов по динамике обработки сегментов со значимой семантической информативностью не превышает 5 %, а с достаточно информативной семантической нагрузкой не превышает 3 %. Наоборот, для стандартизированных технологий синтаксического представления видеокадров вероятности потери целостности соответственно принимают значений от 40 до 60 % и от 35 до 55 %.

3. Для разработанного метода по сравнению со стандартизированными технологиями обеспечивается увеличение синтаксической плотности в следующих случаях:

- наибольшее в динамике по сегментам с разной семантической нагрузкой значения синтаксической плотности достигается для РМ в режиме 2. Выигрыш по сравнению с СтМ достигается в среднем в 5 раз для стратегии квантования 1 и в среднем в 1,5 – 2 раза для режима 2;

- выигрыш по всей динамике обработки сегментов для РМ в режиме 1 достигается относительно метода СтМ для первой стратегии квантования, и составляет в среднем 1,5 – 2,5 раз.

4. Для разработанного метода относительно стандартизированных технологий по доступности к ВИР достигаются следующие результаты:

4.1. Разработанный метод в режиме 2 обеспечивает выигрыш по доступности к ВИР относительно стандартизированных технологий с второй стратегией квантования, а именно: для низкоскоростных каналов в от 2 до 3 раз; для среднескоростных радиоканалов от 15 до 30 %.

4.2. Разработанный метод в режиме 1 обеспечивает выигрыш по доступности к ВИР относительно стандартизированных технологий с второй стратегией квантования, а именно: для низкоскоростных радиоканалов для кадров с низкой степенью насыщенности в среднем на 30 %.

4.3. Выигрыш для разработанного метода относительно стандартизированных технологий по доступности к ВИР обеспечивается для следующих случаев: в режиме 2 в 2,5 раза для малоформатных снимков и от 2,5 до 5 раз для среднеформатных снимков; для среднеформатного снимка с количеством сегментов в кадре не ниже $12 \cdot 10^3$ стандартизированные технологии не обеспечивают доступность к ВИР (вероятность доступности к ВИР не выше 0,2). В то время как разработанный метод обеспечивает доступность с вероятностью 0,9 в режиме 2.

4.4. Выигрыш для разработанного метода относительно стандартизированных технологий достигается в следующих случаях:

1) для режима 2: среднеформатных снимков с количеством сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ на 20%; широкоформатных снимков с количеством сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ в 2,5 раза;

2) для режима 1 для снимков с низкой степенью насыщенности: среднеформатных снимков с количеством сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ на 20%; широкоформатных снимков с количеством сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ на 15 %.

4.5. В отличие от стандартизированных технологий разработанный метод обеспечивает полную доступность: в режиме 2 для среднеформатных и

широкоформатных снимков со средней степенью насыщенности; в режиме 1 для среднеформатных с низкой степенью насыщенности деталями.

Практическая значимость полученных результатов диссертации подтверждается:

1) их применением при выполнении опытно-конструкторских работ на: научно-техническом специальном конструкторском бюро «ПОЛІСВІТ» ГНПП «Об'єднання Комунар» (акт реализации от 23.03.2015 г.); ГП «Чугуївський авіаційний ремонтний завод» (акт реализации от 05.01.2015 г.); ГП ЦКБ «Протон» (акт реализации от 17.02.2015 г.); ЧАО «Вовчанський агрегатний завод» (акт реализации от 13.04.2015 г.); Харьковском государственном производственном авиационном предприятии «ХГАПП» (акт реализации от 16.03.2015 г.);

2) в учебном процессе Харьковского университета Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба (акт реализации от 13.08.2015 г.).

Кроме того получен акт реализации с в/ч 0306 на госбюджетную НДР шифр «ПАЛІТРА» (акт реализации от 23.06.2015 г.), в которой автор был исполнителем.

Личный вклад автора. Все положения, которые выносятся на защиту, получены автором лично. В научных трудах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежит следующее: в монографии [8] – проводится обоснование актуальных и значимых угроз безопасности видеoinформационного ресурса в инфокоммуникационных системах; в монографии [137] – обосновывается направление для разработки концептуального метода повышения безопасности видеoinформационного ресурса в системах аэромониторинга кризисных ситуаций с использованием беспилотных бортовых комплексов; в статье [189; 219; 220] - создается метод оценки доступности дистанционного информационного ресурса в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуального метода обработки видеокadres с идентификацией семантической информативности; в статьях [32; 141] - разрабатывается метод создания информативного синтаксического представления видеокadra, основанный на синтезе концептуальных аналитических соотношений обеспечивающих построение технологии двухбазисного биадического

кодирования, для формирования кодового значения информативного синтаксического представления неравномерной контурированной видеопоследовательности с маской по опорным элементам с учетом вектора локальных контурных перепадов для варианта, когда индексация элементов КВП проводится без привязки к текущей позиции в строке; в статьях [19; 31; 37] - создается метод оценки целостности видеоинформационных ресурсов по семантически значимым сегментам для двухконцептуального метода обработки видеок кадров с идентификацией их семантической нагрузки; в статье [20] – проведена оценка информационной интенсивности и безопасности видеопотока, обусловленная встраиванием статических видеоинформационных ресурсов для бортовых комплексов системы аэромониторинга; в статьях [21; 23; 151] – проводится оценка роста информационной интенсивности видеоинформационных ресурсов в условиях использования селективных методов их защиты для систем аэромониторинга ведомственных организаций; в статье [22] - создается метод оценки синтаксической информативности контурированного сегмента на основе представления контурированной видеопоследовательности; в статьях [24; 26; 27; 156; 191; 192] - разрабатывается концепция информативного синтаксического описания идентифицированных сегментов видеок кадров с учетом степени их семантической информативности с сохранением необходимой контурной информации; создается метод формирования кодового идентификатора синтаксического представления для контурированных видеопоследовательностей на основе использования информации о локально-пространственных ограничениях; в статье [25; 38; 190] - создаются теоретические основы и концептуальный метод интеллектуальной обработки видеоинформационных ресурсов для оценки степени информативности семантического содержания видеоснимка, направленной на сохранение контурной информации; в статьях [28; 29; 36; 39; 41; 150; 152; 153; 155] - разрабатываются теоретические основы для создания методов повышения безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной

обработки видеокладов на уровне информативного синтаксического описания с автоматической идентификацией их семантического содержания по контурной информации; в статье [30; 40; 154] - строится метод формирования двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания на основе стратегии неравномерного кодообразования для кодовых значений контурированных видеопоследовательностей в двоичное пространство.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертации докладывались и были одобрены на следующих научно-технических, научно-практических конференциях и семинарах: XIIth International Conference [“Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET’2014 ”], (Lviv-Slavske, Ukraine, February 25 – March 1, 2014); XXII Міжнародна науково-практична конференція [“Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я ”], (Харків, 21 - 23 травня 2014 р.); VI Международная научно-практическая конференция [“Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії ”], (Харьков, 17 - 18 апреля 2014 г.); International Symposium [«IEEE East-West Design & Test»], (Kiev, Ukraine, September 26–30, 2014); The 4th International Scientific Conference “ITSEC” (Київ, 20 - 23 травня 2014 р.); Четверта міжнародна науково-практична конференція [«Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія»], (Вінниця, 28 - 30 травня 2014 р.); Вторая международная научно-практическая конференция [“Проблемы информатизации”], (Киев, 12 - 13 апреля 2014 г.); The XIIIth International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics CADSM’2015 (24-27 February 2015 Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine); Науково-методична конференція [“Сучасні проблеми телекомунікації і підготовка фахівців в галузі телекомунікацій - 2014”] / Національний університет "Львівська політехніка", - 1-4 листопада 2014р.; Третя міжнародна науково-технічна конференція [“Проблеми інформатизації”], (Киев, 11 - 13 грудня 2014 г.); Науково-технічна конференція [“Інформаційна безпека України”] / Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 12-13 березня 2015 р.; V

Международная научно-практическая конференция ["«Обработка сигналов и негауссовских процессов», посвященной памяти профессора Кунченко Ю.П."], (Черкассы, 20 - 22 мая 2015 г.); V Міжнародна науково-практична конференція ["Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія " (ІТКІ-2015)] (Івано-Франківськ – Ворохта – Винниця, 27 – 29 травня 2015 р.); IV Міжнародна науково-технічна конференція ["Захист інформації і безпека інформаційних систем"], (Львів, 4 - 5 червня 2015 р.) / Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2015; 15 Міжнародна науково-технічна конференція ["Проблеми інформатики та моделювання"], (Харків - Одеса, 14 - 18 вересня 2015 р.) / Національний технічний університет «ХПІ», Харків-Одеса, 2015.; International Symposium [«IEEE East-West Design & Test»], (Batumi, Georgia, September 26–29, 2015) / Batumi: 2015; IEEE Second International Scientific-Practical Conference [«IEEE Problems of Infocommunications. Science and Technology, PICS&T'2015»], (Kharkiv, Ukraine, October 13-15, 2015).

Публикации. Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в 55 научных трудах, среди которых 32 статьи в научных журналах, которые включены в перечень научных специальных изданий. Среди которых 14 статей без соавторов, 18 статей опубликовано в научно-технических журналах, которые включены в международные научно-метрические базы. Апробация результатов диссертации отображена в 17 тезисах докладов на международных научно-технических и научно-практических конференциях. В частности пять апробаций на конференциях, которые входят в состав международной организации IEEE, и пяти патентов на полезную модель.

РАЗДЕЛ 1

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО РЕ- СУРСА В СИСТЕМЕ АЭРОМОНИТОРИНГА КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВСУ

Проводится обоснование того, что для повышения эффективности систем управления кризисными ситуациями необходимо: обеспечить информационное превосходство; организовать оперативное и достоверное получение видеoinформационного ресурса с использованием аэромониторинга. Обосновано, что видеoinформационный ресурс, формируемый на бортовых комплексах системы аэромониторинга кризисных ситуаций мирной и военной специфики, является государственным дистанционным видеoinформационным ресурсом.

Разрабатывается система показателей оценки категорий безопасности дистанционного видеoinформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций. Показано, что эффективность информационного обеспечения систем управления кризисными ситуациями определяется категориями информационной безопасности. Строится модель угроз безопасности дистанционному информационному ресурсу в системе аэромониторинга кризисных ситуаций. Излагается обоснование того, что в процессе обеспечения информационного обеспечения (информационного превосходства) систем управления ВСУ в кризисных ситуациях военной и мирной специфики с использованием беспилотных летательных средств комплекса аэромониторинга существует иерархия противоречий. Обосновано, что существующие теоретические основы и методы не обеспечивают требуемого уровня безопасности ДВИР по категориям целостности и доступности с учетом комплекса уязвимостей процесса информационного обеспечения с использованием беспилотных бортовых средств.

1.1. Обоснование роли и места бортовых комплексов аэромониторинга для обеспечения информационного превосходства в системах управления кризисными ситуациями военной специфики

Особое геополитическое положение Украины, ее военное, экономическое, общественно-политическое состояние, наличие сложных конфликтных ситуаций с неопределенным процессом развития на востоке и юге страны, наличие стратегических производств (атомные, гидро и тепло электростанции, нефтехимические предприятия, нефтегазовая транспортная система, склады с вооружением и военной техникой) определяют совокупность угроз Национальной безопасности и создают условия для появления множества различных кризисных ситуаций [8; 9; 49 – 54; 57; 67; 68; 72; 80; 83; 86; 87; 89; 90; 116; 130; 131; 162].

Кризисные ситуации в общем случае могут иметь следующие направленности: оборонную (ведение боевых, международных миротворческих, специальных, информационно-психологических, стабилизационных, кибернетических, радиоэлектронных действий), террористическую, криминогенную, экологическую и техногенную, общественно-политическую, общественно-экономическую [8; 67; 68; 83; 86].

Ключевой составляющей предупреждения, локализации и ликвидации КС являются Вооруженные Силы Украины (ВСУ). В дальнейшем кризисные ситуации, в разрешении которых ключевую роль играют ВСУ, будем *называть кризисными ситуациями с военной спецификой*.

Внедрение информационных технологий в процессы организации и управления в кризисных ситуациях повлияло на возникновение новой оперативно-стратегической категории, получившей название "*Информационное превосходство*" [8; 89; 90; 116]. Данная категория четко обозначила необходимость смещения акцента на разработку новых технологий, процессов и процедур для системы управления в интересах ВСУ. Информационное превосходство

включает преимущество в принятии решений в цикле управления в кризисных ситуациях (КС), которое в сочетании с проведением информационных операций и других видов обеспечения дает достижение полного превосходства и обеспечивает эффективную локализацию и ликвидацию КС.

Основные принципы управления в кризисных ситуациях рассматриваются неделимо от использования современных информационных технологий. Реализация концепции "сетевидной войны" NCW (рис.1.1) получила среди представителей украинской военной науки название концепции "управления ведением боевых действий на основе единого информационно-коммуникационного пространства" [9; 15; 43; 87; 166]. Эта формулировка точнее акцентирует внимание на том, что концепция "сетевидной войны" является не концепцией ведения войны, а концепцией управления, отражает по сути основные технологические подходы к реализации концепции "объединенности" управления.

Как показывает современный опыт управления в кризисных ситуациях, в том числе с применением Вооруженных Сил Украины, Национальной гвардии и подразделений СБУ, для реализации сетевидных свойств системы управления войсками, важное значение приобретают системы и технологии сбора, обработки и анализа различных видов информации (видеоинформация, аудиоинформация, телеметрия, оперативные данные, командная информация).

Здесь необходимо учитывать изменение характера кризисных ситуаций, включая вооруженную борьбу, и опыт ведения современных военных конфликтов. Анализ современных *кризисных ситуаций, имеющих военную специфику*, проводившихся за последнее десятилетие показывает, что они имеют такие особенности как [3; 4; 8; 9; 15; 43; 52; 80; 87; 90; 116]:

1) быстротечность и резкая смена текущей обстановки, сокращение времени маневра сил и средств противоборствующей стороны (в общем случае *объектов кризисных ситуаций*, т.е. характеристики чрезвычайных ситуаций естественного и техногенного происхождения, социально-политических и социально-экономических конфликтов, вооружения незаконных террористиче-

ских формирований);

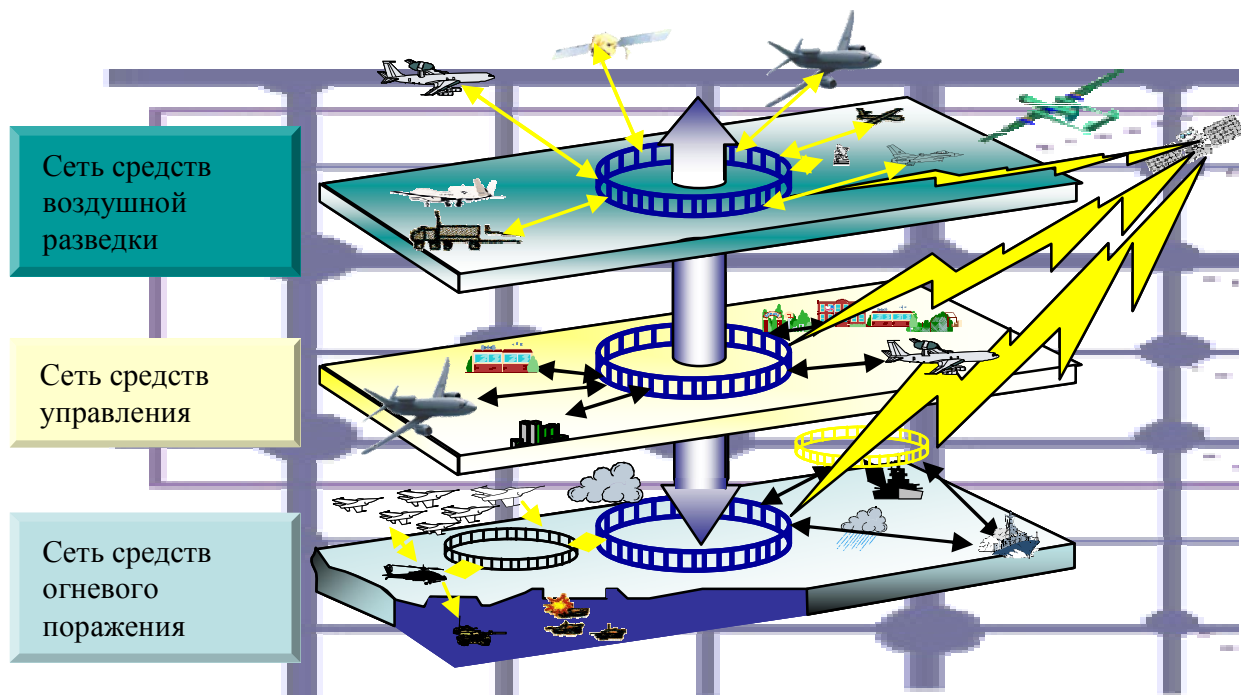


Рис.1.1. Реализация концепции "сетевидной войны"

2) удаленность системы управления и ее субъектов от объектов КС. С позиции оборонной направленности это трактуется как удаленность средств поражения от объектов противника;

3) расширением масштабов территорий, на которых происходит кризисная ситуация. При этом затрагиваются различные объекты социально-экономической инфраструктуры, воинские объекты, социальные группы населения, производственные мощности, в том числе имеющие важное стратегическое значение для государства;

4) повышением качественной и количественной составляющих объектов КС, с позиции потери живого ресурса, нанесения политического, оборонного, экономического, социального ущерба государству;

5) наличия характера активного противодействия (противоборства) со стороны объектов кризисных ситуаций военной специфики;

6) проведение КС и военных конфликтов в густонаселенных районах, вблизи со стратегическими объектами (предприятиями нефтехимической от-

расли, электростанциями, крупными транспортными узлами).

7) наличие у противоборствующей стороны технологий и средств для проведения разведки, кибератак, кибершпионажа с использованием современных дистанционных инфокоммуникационных комплексов наземного и аэрокосмического базирования.

Учитывая характер процессов, лежащих в основе кризисных ситуаций с одной стороны, и необходимость обеспечения информационного превосходства с другой стороны, возникает существенная потребность в получении видеoinформации.

Расширение *видеоинформационного способа взаимодействия* как составляющая информационного обеспечения системы управления в КС обусловлена следующим [3; 4; 8; 15; 66; 81; 82; 84; 90; 94; 108; 172]:

- обеспечивается наиболее семантически информативное, полное и наглядное получение информации;

- появляется возможность для оценки достоверности получаемой информации;

- повышается интеллектуализированность процесса принятия решений. Обеспечивается возможность сделать процесс анализа информации максимально автоматичным, без участия ЛПР. Максимально сокращаются этапы процесса принятия решений, в которых требуется участие ЛПР;

- для видеоинформационного способа на основе современных средств визуализации существует возможность обеспечения гибкости и адаптированной подачи наиболее ключевой информации в форме, которая наиболее благоприятно воздействует на восприятие и анализ со стороны ЛПР;

- сокращаются сроки обработки, анализа и принятия решений, обеспечивается возможность принимать более обоснованные решения (особенно в чрезвычайных ситуациях);

- повышается оперативность принятия решений и снижается вероятность ошибочных решений.

Значит, такой способ информационного обеспечения повышает эффек-

тивность управления ВСУ в кризисных ситуациях с военной спецификой.

В связи с чем, базируясь на значимой роли видеoinформации в системе управления кризисными ситуациями, имеющими высокую важность для различных сфер деятельности государства, можно утверждать, что видеoinформационный ресурс (ВИР), используемый для систем управления в КС является составляющим государственных информационных ресурсов. В дальнейшем используется термин государственный видеoinформационный ресурс (ГВИР) [8].

Следовательно, для повышения эффективности систем управления кризисными ситуациями военной специфики необходимо:

- обеспечить информационное превосходство;
- организовать оперативное и достоверное получение видеoinформационного ресурса.

Как показывает практика применения ВСУ в современных кризисных ситуациях с учетом использования новейших интегрированных (информационных, компьютерных, радиотехнических, телекоммуникационных) технологий основными источниками видеoinформации являются системы аэромониторинга (АЭРМ) [9; 38; 68; 87; 90; 116].

Весомое значение систем дистанционного видеомониторинга с использованием воздушных средств обосновывается тем, что обеспечивается:

- возможность оперативного управления летательным аппаратом либо дистанционно (беспилотники), либо пилотируемо (вертолеты);
- возможностью быстрого обновления информации о контролируемых объектах (не требуется ждать пока будет сделан оборот спутника)
- допускается отсутствие пилотов;
- возможностью получения видеoinформации с труднодоступных для наземного транспорта районов;
- возможностью получения обзорных снимков (панорамных снимков);
- возможностью более оперативного доступа к контролируемым территориям, используя преимущество по скорости воздушных средств относительно наземных.

В зависимости от характера поставленных задач, целей и глубины ведения, также от масштаба аппаратуры, используемых средств и станций, в интересах которых организуется и ведется аэромониторинг, он подразделяется на такие уровни как: стратегический, оперативный и тактический (рис.1.2). По времени проведения и назначению АЭРМ подразделяется на предварительный, текущий и контрольный.

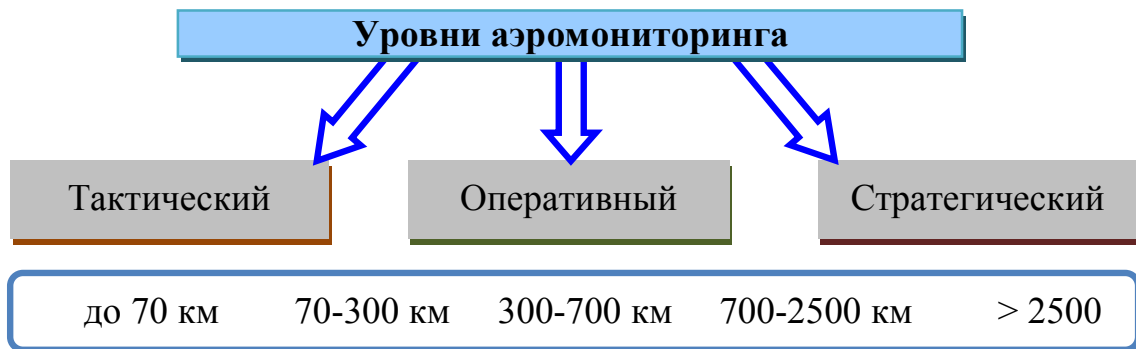


Рис. 1.2 – Глубина ведения аэромониторинга двойного назначения

Опыт разрешения кризисных ситуаций военной специфики начала XXI ст. демонстрирует увеличение интенсивности использования БПЛА в целях аэромониторинга для обеспечения ЛПП оперативными данными в условиях подготовки и ведения интенсивных действий и антитеррористических операций [8; 87; 90]. Важность и перспективность использования беспилотников для получения информации в современных кризисных ситуациях подтверждается тем, что порядка 80 % разведывательной информации добывалось на основе средств аэромониторинга. При этом доля использования ДПЛА выросла за последние два года на 20%.

По мере *развития технологий построения и элементной базы аппаратуры БПЛА и накопления опыта их применения, появления новых оперативных задач появились следующие направления совершенствования БПЛА:*

- оптимизация летно-технических характеристик БПЛА - увеличение высоты для большего охвата территории и снижения угроз поражения и повышения продолжительности полета с увеличением доли полезной нагрузки;

- минимизация затрат на эксплуатацию – запуск, сопровождения и посадки – при выполнении задач информационного обеспечения определенного уровня и объема;

- повышение полноты получаемой информации о наблюдаемом районе за счет комплексирования средств наблюдения и оперативности доставки данных (например, программа МО США увеличения пропускной способности приземных и космических радиолиний GIG-VE; организация распределенного доступа, в том числе – за счет специальных протоколов в проекте БПЛА J-UCAS X-45A с реализацией нетрадиционного принципа «один БПЛА – несколько потребителей», а нового «много БПЛА – один потребитель»);

- интегрирование радиоэлектронных бортовых подсистем управления, связи, контроля, и мониторинга.

В настоящее время АЭРМ ведется двумя основными способами – визуальным наблюдением и с применением разных технических средств (ТСА-ЭРМ). Одними из *наиболее информативных видов аэромониторинга являются оптико-электронные* и радиолокационные средства, обеспечивающие формирование видеоинформационного ресурса.

Функциональные задачи БПЛА базирующиеся на формировании видеоинформационного ресурса для кризисных ситуаций военной специфики представлены в табл. 1.1 [116].

Для кризисных ситуаций мирной направленности использование аэромониторинга для получения видеоинформационного ресурса необходимо для таких случаев:

- предупреждения, локализации и контроля ликвидации чрезвычайных ситуаций (пожары, наводнения, взрывы на складах артвооружений). Достаточно отметить критичность пожаров в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС, вблизи населенных пунктов, складов артвооружений, крупных промышленных

комплексов, сельскохозяйственных площадей.

Таблица 1.1.

Роль видеоинформационного ресурса в обеспечении функциональных задач по назначению БПЛА (функциональные задачи БПЛА базирующиеся на видеоинформационном ресурсе)

№	Функции аэро-видеомониторинга	Задачи
1.	Введение аэромониторинга	<p>- сбор информации о наземных объектах КС и местности в некотором ограниченном районе при ведении предварительной разведки и доразведки (текущей);</p> <p>- непосредственная поддержка полевого командования;</p> <p>- контроль результатов нанесения ударов по объектам КС</p> <p>Степень важности доступности и конфиденциальности зависит от этапов и уровней разведки</p>
	Оценка состояния своих войск	<p>- проверка и контроль степени маскирования своих объектов и противодействия техническим средствам ВР противника;</p> <p>- мониторинг позиционирования своих войск, их готовности и слаженности, корректировка их взаимодействия;</p> <p>Важна конфиденциальность и целостность</p>
2.	Целеуказание	<p>Передача с БПЛА видеоданных в масштабе реального времени о целях для нанесения артиллерийских, ракетных и авиационных ударов</p> <p>Важна доступность и целостность</p>
3.	Контроль поля боя	<p>Информационное обеспечение наземного боя, операций сил специального назначения, операций по перехвату на море, огня корабельной артиллерии и ракетных систем залпового огня по наземным объектам</p> <p>Важна доступность</p>
4.	Нанесение ударов	<p>Выявление и поражение наземных (надводных) объектов противника ракетами или авиационными бомбами</p>
5.	Ретрансляция связи	<p>- увеличение дальности действия систем командования и управления БПЛА;</p> <p>- ретрансляция видеоинформации</p> <p>Важна конфиденциальность, доступность и целостность</p>

продолжение табл. 1.1.

№	Функции аэро-видеомониторинга	Базовые задачи
6.	Корректировка артиллерийского огня	<ul style="list-style-type: none"> - контроль нанесения ударов по объектам противника; - передача видеоинформации о результатах нанесенных противнику потерь (ущерба); - наведение огня артиллерии и ракетных систем залпового огня на наземные объекты противника <p>Важна доступность и целостность</p>
7.	Поиск и спасение в кризисной обстановке	<p>выявление местоположения спасаемого личного состава и передача информации на установленные пункты ее приема</p> <p>Важна конфиденциальность и доступность</p>

Здесь также важно отметить оценку состояния на складах артвооружений в процессе ликвидации кризисных ситуаций;

- контроля состояния удаленных стратегически важных объектов, таких как объекты нефтегазопровода, инфраструктура железнодорожной отрасли;

- контроля состояния объектов опасных для жизни и здоровья населения.

Здесь необходимо отметить использование беспилотников для сбора информации о состоянии объектов на атомной АЭС в Фокусиме (Япония);

- контроля загруженности и аварийности транспортных магистралей, обрывов энергетических магистралей;

- проведения спасательных операций в процессе стихийных бедствий (пожары, наводнения), поиск людей;

- мониторинг объектов в процессе социальных конфликтов, выявление и регистрацию лиц, представляющих интерес для ведомственных организаций;

- охранное видеонаблюдение с захватом обширных территорий.

Отсюда выделяются следующие особенности видеоинформационного ресурса, формируемого на борту средств АЭРМ:

- 1) значимое влияние ВИР на эффективность управления в кризисных си-

туациях;

2) дистанционность формирования ВИР относительно пунктов анализа, дешифровки и принятия решений.

В связи с чем, можно сформулировать следующее определение.

Определение. Видеоинформационные ресурс, формируемый на бортовых комплексах системы аэромониторинга кризисных ситуаций мирной и военной специфики, является государственным дистанционным видеоинформационным ресурсом (ГДВИР) [8; 13; 25; 152].

Дистанционный ВИР представляет собой:

1) аэрофотоснимки таких классов: панорамные, наблюдательные, объективного контроля;

2) поток видеокадров для систем наведения ДПЛА.

По изложенному материалу можно сделать следующие заключения:

1. Аэромониторинг занимает ключевое место в системе видеоинформационного обеспечения для процессов управления кризисных ситуаций военной и мирной специфики.

2. В соответствии с развитием технологий и элементной базы аппаратуры БПЛА, необходимостью поддержки новых оперативных задач выделяются следующие направления их совершенствования: оптимизация летно-технических характеристик БПЛА; минимизация затрат на эксплуатацию; повышение полноты получаемой информации о наблюдаемом районе за счет комплексирования средств наблюдения и оперативности доставки данных; интегрирование радиоэлектронных бортовых подсистем управления, связи, контроля, и мониторинга.

3. Обосновано, что одним из наиболее информативных видов аэромониторинга является оптико-электронные средства, обеспечивающие формирование видеоинформационного ресурса.

4. Видеоинформационные ресурс, формируемый на бортовых комплексах системы аэромониторинга кризисных ситуаций мирной и военной специфики, является государственным дистанционным видеоинформационным ресурсом

(ГДВИР), обладающий следующими особенностями: имеет значимое влияние на эффективность управления в кризисных ситуациях; отличается удаленностью формирования ВИР относительно пунктов анализа, дешифровки и принятия решений.

1.2. Разработка показателей оценки категорий безопасности дистанционного видеoinформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций

Основными требованиями к системам управления кризисных ситуаций являются оперативность, стойкость, непрерывность, скрытность. Данные требования являются неотъемлемой составляющей реализации основных сетевых свойств системы управления современными ВСУ в кризисных ситуациях, и обеспечивает достижение информационного превосходства. Поэтому в современных операциях к действиям систем аэромониторинга как ключевой составляющей информационного обеспечения предъявляются следующие основные требования: целеустремленность, непрерывность, активность, своевременность, достоверность и полнота данных видеомониторинга, высокая точность определения координат, внезапность и скрытность. Успех АЭРМ в кризисных ситуациях зависит от того, насколько правильно он организован, насколько четко спланировано своевременное поступление получаемых данных, а также от того, насколько современные технические средства видеомониторинга отвечают тем тактико-техническим требованиям, которые предъявляются к ним.

Рассмотрим характеристики эффективности процессов информационного обеспечения систем управления в кризисных ситуациях с использованием бортовых комплексов аэромониторинга.

Базовой составляющей эффективности функционирования систем управления в КС является оперативность. В свою очередь оперативность управления во всей системе значимо зависит от времени доведения информации с использованием бортовых комплексов АЭРМ. Как показывает оценка конфликтов последнего десятилетия, время доведения информации с использованием бортовых комплексов аэромониторинга может достигать порядка от 1,5 часа. Это составляет до 90 % от всего времени, затрачиваемого на весь цикл управления.

Поэтому основной характеристикой процесса информационного обеспечения систем управления в КС на основе использования АЭРМ является *время $t_{\text{ди}}$ доведения видеоинформационного ресурса*.

Базовыми характеристиками процесса информационного обеспечения с использованием АЭРМ являются [8; 9; 10; 33; 38; 63; 116; 134]:

1. Показатели P_k качества видеоинформационного ресурса с позиции возможности его дальнейшего анализа и изъятия достоверной информации как ЛПР, так и на основе автоматических технологий.

2. Полнота $P_{\text{п}}$ видеоресурса. Здесь понимается в первую очередь предоставления видеоснимков с разрешающей способностью, необходимой для поддержки эффективного решения требуемого класса задач (наведения ДПЛА, видеонаблюдения, дешифрирования, выявления объектов КС).

3. Достоверность P_d информации. Под достоверностью понимается степень соответствия получаемых ВИР на наземном пункте управления, той реальной обстановки, визуальной моделью которой они являются. Достоверность информации определяется степенью доверия источнику информации, степенью адекватности получаемой информации реальной обстановки. Достоверность дистанционных видеоинформационных ресурсов зависит от:

- оперативности доставки. Снижение оперативности приводит к старению информации, несоответствию ее реальной обстановки;

- качества ВИР. Снижение качества видеоснимков приводит к ошибочной идентификации объектов и их состояния. Соответственно выявляемая информация по аэрофотоснимку будет не достоверной;

- полноты видеокадров. Не соответствие требуемого разрешения снимка линейным размерам объектов мониторинга на местности приводит к неопределенности их распознавания в процессе решения задач дешифрирования. Отсюда возникает угроза принятия неправильных решений в анализе информации.

4. Скрытность $P_{\text{скр}}$ и живучесть систем видеомониторинга. Данные характеристики определяются в основном технологиями обеспечения защиты системы управления бортового комплекса, и информационных каналов обмена данными. С позиции информационного обеспечения требуется обеспечить защиту информации от несанкционированного доступа, ее модификации и разрушения.

5. Квалификация ЛПР. Подготовленность операторов управления ДПЛА, дешифровщиков снимков, их опыт, психологическая устойчивость во многом определяет оперативность и достоверность предоставления информации для выше стоящего командования, соответственно влияет на своевременность и правильность принимаемых решений.

Значит, оперативность доведения видеоинформации, ее достоверность полнота, качество и конфиденциальность определяют эффективность информационного обеспечения систем управления в кризисных ситуациях с использованием бортовых комплексов аэромониторинга. Соответственно нарушение данных характеристик есть суть потери безопасности государственной информации и снижение эффективности информационного обеспечения.

В тоже время, учитывая то, что управление осуществляется в кризисных ситуациях, в том числе имеющих военную специфику, система аэромониторинга сама по себе является критичной относительно внутренних и внешних условий функционирования, следует утверждать следующее. Существует угроза потери безопасности дистанционных видеоинформационных ресурсов, и как

следствие снижение эффективности видеоинформационного обеспечения систем управления в КС с использованием АЭРМ.

В связи с чем, необходимо разработать систему показателей и модель оценки безопасности ДВИР в системе аэромониторинга КС.

Для анализа характеристик безопасности информации наиболее часто применяется модель CIA (confidentiality, integrity and availability) [16; 17; 41; 53; 178]. Согласно данной модели для информационного (видеоинформационного) ресурса, формируемого бортовыми комплексами аэромониторинга (БПЛА) рассматривается 3 категории безопасности информации [8; 47; 58; 88; 91; 111; 176].

1. Конфиденциальность видеоинформационного (ВИ) ресурса - гарантия доступности конкретной видеоинформации только авторизованным пользователям. В системах аэромониторинга такая категория информационной безопасности обеспечивается на основе специальных организационных мероприятий, технических и программных средств, включая: криптографическое шифрование информации (закрытие видеоканала), скрывания канала передачи полезной нагрузки, обеспечение незаметности ДПЛА для средств обнаружения противника.

2. Категория *доступности дистанционного видеоинформационного ресурса*.

В общем случае доступность информации в информационных системах как категория информационной безопасности это свойство информации, которое состоит в возможности непосредственного доступа к ней со стороны процесса или авторизованного пользователя в соответствии с установленной политикой безопасности в необходимой форме и в требуемые временные сроки.

Доступность это гарантия получения требуемой информации или информационной услуги пользователем за определенное время. При этом фактор времени в определении доступности информации в ряде случаев является очень важным. Это обусловлено тем, что некоторые виды информации и информационные услуги имеют смысл только в определенный промежуток времени.

Для случая аэромониторинга в кризисных ситуациях *предлагается* под

доступностью ДВИР понимать следующее.

Доступность дистанционного видеoinформационного ресурса это способность обеспечить своевременный беспрепятственный доступ и получение интересующей видеoinформации уполномоченными ЛПР по мере необходимости в установленные временные сроки $t_{тр}$ в независимости от территориальной удаленности источников информации (бортовых комплексов) в условиях дестабилизирующих факторов проведения аэромониторинга и активного противодействия противника.

3. В общем случае статическая целостность информации предполагает неизменность информационных объектов от их исходного состояния, определяемого автором или источником информации.

Целостность видеoinформационного ресурса способность сохранять исходное семантическое содержание видеoinформации, в условиях существующих характеристик процессов обработки, передачи и хранения информации в независимости от территориальной расположенности её источника и получателя (объекта управления и контроля);

В узком смысле под *целостностью* видеoinформации аэромониторинга понимается состояние, в котором видеoinформация, получаемая ЛПР полностью соответствует видеoinформации, регистрируемой бортовыми средствами наблюдения на передающей стороне.

В случае аэромониторинга кризисных ситуаций предлагается под целостностью дистанционного ВИР понимать следующее.

Целостность дистанционного видеoinформационного ресурса аэромониторинга в процессе контроля кризисных объектов это состояние, в котором видовые изображения, получаемые на приемной стороне (наземном пункте управления), сохраняют информационное содержание (синтаксическое и семантическое описание), обеспечивающее необходимый комплекс решения задач идентификации и распознавания объектов мониторинга в условиях дестабилизирующих факторов проведения аэромониторинга и активного противодействия противника.

Учитывая удаленность источника информации в данном случае бортового комплекса АЭРМ для оценки оперативности получения информации необходимо использовать такой показатель как время t_{pc} реакции системы (бортового комплекса) на запрос в получении дистанционного видеoinформационного ресурса с позиции аэромониторинга.

Время t_{pc} реакции системы аэромониторинга включает в себя:

- время $t_{доз}$ на доведение и обработку запроса по командным линиям;
- время $t_{ди}$ от момента добывания данных средствами аэрокосмического мониторинга к моменту их представления (получения) заинтересованным командным инстанциям. Соответствующее выражение имеет следующий вид:

$$t_{pc} = t_{доз} + t_{ди} = t_{доз} + t_{фсн} + t_{фш} + t_{обрт} + t_{п} + t_{онп}.$$

Это более широкое время, чем время передачи ВИР с борта БПЛА на пункт управления.

В этой связи *сокращение данного времени есть суть повышения доступности дистанционного ВИР.*

Доступность дистанционного ВИР в системе АЭРМ подразумевает под собой *количественную оценку степени* соответствия реального времени $t_{ди}$ получения ВИР относительно требуемого $t_{тр}$.

В качестве основного количественного показателя характеризующего доступность дистанционного ВИР *предлагается* использовать показатель (коэффициент) $K_{двир}$ соответствия реального времени доставки информации относительно требуемого.

Здесь не учитывается время на запрос в получении информации. Это обусловлено тем, что:

- во-первых, получение информации может происходить в автоматическом режиме, т.е. без отправки реального запроса;

- во-вторых, время запроса является фиксированным и относительно незначительным по сравнению со временем доставки целевой нагрузки.

Требуемое время доставки информации (время реакции *системы*) определяется классом решаемых задач в системе управления в условиях кризисных ситуаций, условиями проведения аэромониторинга, особенностями использования инфокоммуникационных технологий, уровнем подготовки ЛПР.

С учетом чего показатель $K_{\text{двир}}$ доступности ДВИР в общем случае можно задать с помощью следующего функционала:

$$K_{\text{двир}} = F_{\text{д}}(t_{\text{ди}}; t_{\text{тр}}; U_{\text{обр}}; U_{\text{рк}}; U_{\text{пб}}; H_{\text{пб}}; \Omega_{\text{а}}); \quad (1.1)$$

$$P_{\text{ц}} \geq P_{\text{цтр}}, P_{\text{д}} \geq P_{\text{дтр}}, \quad (1.2)$$

где $F_{\text{д}}(t_{\text{ди}}; t_{\text{тр}}; U_{\text{обр}}; U_{\text{рк}}; U_{\text{пб}}; H_{\text{пб}})$ - функционал задающий соотношение между $t_{\text{ди}}$ и $t_{\text{тр}}$ в условиях: обеспечения требуемой целостности ДВИР, $P_{\text{ц}} \geq P_{\text{цтр}}$; требуемой достоверности источника информации $P_{\text{д}} \geq P_{\text{дтр}}$; заданного комплекса характеристик аэромониторинга, включая производительность $U_{\text{обр}}$ бортовой вычислительной аппаратуры, характеристик пропускной способности $U_{\text{рк}}$ радиоканалов, скорости $U_{\text{пб}}$ полета борта, высоты $H_{\text{пб}}$ полета борта; наличия злоумышленников, обладающих возможностью проведения множества $\Omega_{\text{а}}$ атак, направленных на потерю доступности ДВИР.

Показатель доступности также можно оценить как количество информации, доступное за требуемые временные сроки, относительно необходимого количества информации, которое требуется доставить ЛПР для своевременного решения необходимых задач в системе управления. Здесь просматривается явный дисбаланс между доступностью и целостностью ДВИР в системе АЭРМ кризисных ситуаций.

Целостность с позиции командной инстанции включает в себя полноту, точность и достоверность получаемой информации о реальной обстановке (со-

стоянии объектов мониторинга). Здесь целостность это степень соответствия получаемой на командном пункте информации относительно реальной обстановки и состояния объектов мониторинга с возможностью обеспечения решения полного комплекса задач.

Другими словами требуется получить своевременно информацию соответствующую реальной обстановки и обладающую возможностью решения на базе ее использования требуемого комплекса задач. Например, весь спектр задач по дешифрированию и анализу аэрофотоснимков.

Под целостностью предлагается понимать промежуточный вариант. Это во-первых степень $K_{сфи}$ соответствия полученной информации не относительно переданной информации, а относительно сформированной информации (т.е. включается этап формирования информации); во-вторых это еще и требуемый уровень $K_{пи}$ ее *полноты*, т.е. разрешающей способности.

С этих позиций целостность $P_{ц}$ представляет собой комплексный показатель (функционал) от таких характеристик как уровень $\sigma_{пф}$ и характер искажений снимка в процессе формирования, уровень $\sigma_{обр}$ и характер искажений в процессе обработки и $\sigma_{п}$ передачи по каналу связи, степень $\sigma_{аз}$ потери целостности с учетом действия злоумышленника, направленных на потерю целостности ДВИР, степень $\sigma_{рс}$ соответствия реальной детальности снимка относительно требуемой. С учетом чего, показатель целостности $P_{ц}$ дистанционного ВИР в системе АЭРМ задается с помощью следующего функционала:

$$P_{ц} = \{K_{сфи}; K_{пи}\} = F_{ц}(\sigma_{пф}; \sigma_{обр}; \sigma_{п}; \sigma_{аз}; \sigma_{рс}). \quad (1.3)$$

Показатель $\sigma_{пф}$ определяет качество формирования аэрофотоснимка бортовой оптико-электронной аппаратурой ДПЛА. Показатель $\sigma_{обр}$ определяет уровень потери целостности на синтаксическом и семантическом уровне в результате обработки для выделения и представления информативных состав-

ляющих ДВИР. Показатель σ_{Π} определяет потерю целостности, обусловленную ошибками в кодовых конструкциях видеоресурса и потерями пакетов. Показатель $\sigma_{аз}$ определяет потерю целостности, обусловленную действиями злоумышленника (например, наведение помех). Показатель $\sigma_{рс}$ определяет потерю целостности ДВИР в случаях несоответствия реальной разрешающей способности требуемой.

Значит, эффективность информационного обеспечения систем управления кризисными ситуациями определяется категориями информационной безопасности. Оперативность и достоверность доведения информации с использованием бортовых комплексов АЭРМ характеризуется степенью обеспечения доступности, целостности и конфиденциальности информационных ресурсов.

Для оценки состояния обеспечения безопасности информационного ресурса в бортовых комплексах аэромониторинга необходимо выполнить анализ угроз при формировании и обработке ДВИР в системе управления кризисными ситуациями с построением обобщенной модели угроз безопасности ДВИР.

1.3 Построение модели угроз безопасности дистанционному информационному ресурсу в системе аэромониторинга кризисных ситуаций

Под *угрозой безопасности* видеоинформационных ресурсов понимается множество $\Psi_{уб}$ возможных нарушений безопасности ДВИР [16; 25; 54; 88; 91; 159; 176; 178]. *Источником угроз* информационной безопасности является множество $\Psi_{иу}$ носителей угрозы безопасности (субъект, в том числе злоумышленник, источник, обстоятельства), действия, которого могут привести к нарушению безопасности информации. Под *уязвимостью информационных ресурсов* понимается множество $\Psi_{ур}$ причин, приводящих к нарушению безопасности информации, т.е.

$$\Psi_{\text{уир}} = \{ \Psi_{\text{уир/фс}} ; \Psi_{\text{уир/ис}} ; \Psi_{\text{уир/топ}} ; \Psi_{\text{уир/уэ}} \}.$$

Уязвимости могут быть обусловлены причинами следующего характера [8; 25; 176]:

- недостатками процесса функционирования системы аэромониторинга. Например, выбором режима обработки неадекватного поставленным задачам и производительным возможностям ДПЛА, нарушение навигации ДПЛА (множество причин $\Psi_{\text{уир/фс}}$);

- свойствами информационной системы (множество причин $\Psi_{\text{уир/ис}}$). Например, наличие закладок и вирусных программ, прошитых в комплексах обработки и передачи видеоснимков (они производятся зарубежом);

- ограниченностью производительности технологий обработки и передачи дистанционной видеоинформации (множество причин $\Psi_{\text{уир/топ}}$);

- нарушением условий эксплуатации (множество причин $\Psi_{\text{уир/уэ}}$). Например, потеря управления ДПЛА, ошибка в задании параметров полетного задания, ошибка в настройках целевой аппаратуры бортового комплекса.

Атака это множество $\Psi_{\text{атк}}$ действий со стороны множества $\Psi_{\text{иу}}$ источников угроз, реализующее множество $\Psi_{\text{уир}}$ уязвимостей безопасности ВИР. Соответственно множество атак задается как:

$$\Psi_{\text{атк}} \rightarrow \{ \Psi_{\text{иу}} ; \Psi_{\text{уир}} \}.$$

Последствия нарушения безопасности информационных ресурсов это возможное множество $\Psi_{\text{уб}}$ реализаций угроз множеством $\Psi_{\text{иу}}$ источником угрозы через имеющиеся множество $\Psi_{\text{уир}}$ уязвимостей, направленных на нанесение множества $\Psi_{\text{ущ}}$ ущербов безопасности видеоинформационному ресурсу. Это записывается таким соотношением:

$$\Psi_{уб} : \{ \Psi_{иу} ; \Psi_{уир} \} \rightarrow \Psi_{ущ} . \quad (1.4)$$

Для оценки и формирования подходов повышения (обеспечения) информационной безопасности ДВИР требуется провести анализ множества возможных нарушений безопасности с обязательной идентификацией множества источников угроз, множества $\Psi_{дф}$ факторов, способствующих их проявлению и множества уязвимостей. В основе чего лежит разработка модели угроз. На основании модели угроз формируется политика безопасности, в которой находят отражение вопросы обеспечения ИБ (защиты от сформулированных угроз) с учетом рисков их реализации.

Одним из подходов к оценке обеспечения безопасности ДВИР заключается в анализе множества возможных последствий для видеоинформационного ресурса в системах аэромониторинга с обязательной идентификацией множества возможных источников угроз, множества факторов, способствующих их проявлению (уязвимостей) и как следствие определение множества актуальных угроз безопасности ДВИР [17; 25; 53; 54].

Для этого выполняется моделирование и классификация множества источников угроз и множества их проявлений. Здесь, как правило, используется анализ взаимодействия следующей логической цепочки: "множество угроз – множество источников угроз – множество методов реализации – множество уязвимостей – множество последствий" (рис. 1.3).

Исходными данными для построения модели угроз и классификации источников угроз ДВИР является [8; 53; 54; 178]:

- целевая направленность использования ДВИР в системе управления кризисных ситуаций, в том числе его ключевая роль в процессе принятия решений;

- структура и состав оборудования для съема, формирования и дальнейшей передачи видеоинформации (аппаратные и программные средства, режимы

их работы);

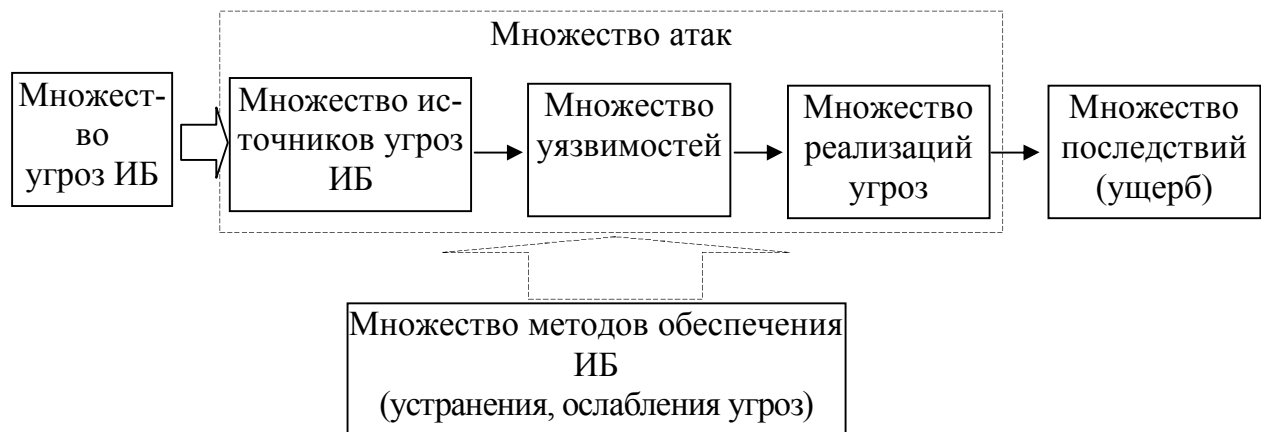


Рис. 1.3. Общая модель реализации угроз информационной безопасности

- объекты и субъекты доступа к ДВИР, их возможности и характеристики безопасности, возможности злоумышленника;
- протоколы, применяемые при обработке и передаче ДВИР;
- требования к качеству ДВИР;
- внешние факторы воздействий.

Структурная схема системы обеспечения доступности и целостности для бортового комплекса (ДПЛА) системы аэромониторинга в условиях воздействия угроз в кризисных ситуациях представлена на рис. 1.4.

Проведенный анализ процесса организации и функционирования бортовых комплексов АЭРМ в кризисных ситуациях, позволяет классифицировать угрозы безопасности ДВИР на три основные группы в зависимости от источников возникновения (рис. 1.5), а именно:

- множество угроз, обусловленных действиями субъектов доступа и злоумышленников (антропогенные угрозы);
- множество угроз, обусловленных техническими средствами (техногенные угрозы);
- множество угроз, обусловленных стихийными источниками (стихийные угрозы, внешние факторы, условия проведения аэромониторинга).

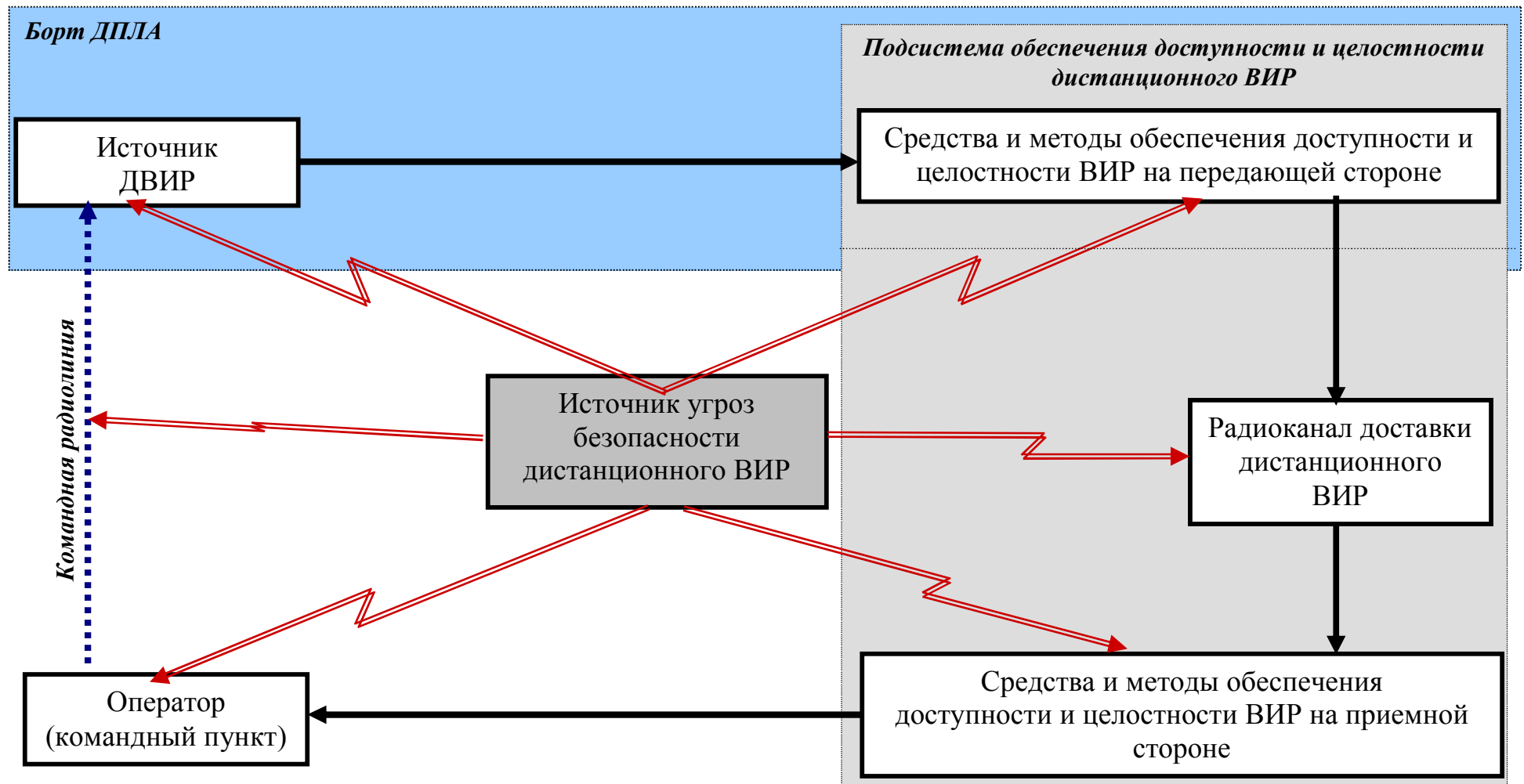


Рис. 1.4. Структурная схема системы обеспечения доступности и целостности для ДПЛА системе АЭРМ в условиях воздействия угроз в кризисных ситуациях

Рассмотрим модель угроз безопасности видеоинформационному ресурсу, формируемого на борту БПЛА с последующей передачей на пункт управления.

К первой группе относят угрозы, формируемые действиями субъектов управления и доступа.

Методы обеспечения ИБ (противодействия) этим угрозам управляемы и напрямую зависят от полноты оценки и прогноза. Субъекты, действия которых могут привести к нарушению безопасности информации в системе управления БПЛА (в условиях мирного времени) могут быть как внешние по отношению к системе управления, так и внутренние.



Рис. 1.5. Модель классификации угроз безопасности ДВИР

Внешние угрозы, обусловлены действиями:

- противодействующих структур (противник при ведении боевых действий, разведывательные органы и спецслужбы других стран в мирное время);

- контролирующих структур;

- конкурирующих структур (промышленный шпионаж).

Внутренние угрозы, обусловлены действиями:

- персонала объектов управления;

- проектировщиков бортового оборудования БПЛА;
- персонала объектов контроля.

Анализ применения БПЛА в системе аэромониторинга позволяет выделить следующие антропогенные угрозы, обусловленные действиями субъектов доступа:

1. Кража: а) технических средств; б) носителей информации (любого вида); в) информации (чтение и несанкционированное копирование); г) средств доступа (ключи, пароли, ключевая документация и пр.).

2. Подмена (модификация): а) операционных систем; б) запоминающих устройств для хранения видеоинформации; в) прикладных программ; г) информации (данных), отрицание факта отправки/получения фото и видеоинформации; д) паролей и правил доступа.

3. Уничтожение (разрушение): а) технических средств; б) носителей информации (любого вида, включая сам борт); в) программного обеспечения; г) информации (файлов, данных); д) паролей и ключевой информации.

4. Нарушение нормальной работы (прерывание): а) скорости обработки информации; б) пропускной способности каналов связи; в) маршрутизации передачи информации (перераспределение потоков видеоинформации); г) увеличение объемов требуемой информации; д) электропитания технических средств; е) нарушение условий формирования ДВИР (постановка помех, переключение режимов камер (переднего и панорамного обзора) и т.д.); ж) перехват управления полетом, нарушение полетного задания БПЛА (высоты съема информации, скорости полета), несанкционированный маневр, нарушение условий съема (угол, фокусное расстояние, затенение и т.д.).

5. Ошибки: а) при инсталляции (прошивке) прикладного обеспечения; б) при написании прикладного программного обеспечения; в) при передаче информации; г) при кодировании / декодировании информации; д) при шифровании / дешифровании информации; е) при эксплуатации программного обеспечения; ж) при эксплуатации технических средств.

6. Перехват информации (несанкционированный): а) за счет электромаг-

нитного излучения от технических средств (в том числе и собственных на борту БПЛА); б) за счёт использования программного обеспечения иностранных производителей (кодеков и т.д.); в) по каналу от средств комплексированной оптико-электронной системы и системы передачи информации; г) по каналу командной линии управления; д) при подключении к каналам передачи информации (их настройке); е) за счет нарушения установленных правил доступа (взлом).

Во второй группе угроз рассмотрим менее прогнозируемые угрозы, но более зависящие от свойств аппаратуры. Потенциальные угрозы безопасности ВИ ресурсу, обусловленные техническими средствами, так же могут быть внешними и внутренними. Техногенными угрозами безопасности видеоинформации с борта БПЛА в системе аэромониторинга могут быть:

1. Нарушение нормальных условий функционирования: а) нарушение работоспособности системы обработки информации; б) нарушение работоспособности единой инфокоммуникационной системы; в) несоответствие каналов обмена и средств обработки информации требуемым объемам информации; г) нарушение установленных правил доступа; д) электромагнитное воздействие на технические средства; е) ограниченные массогабаритные характеристики БПЛА; ж) ограниченная мощность передатчика; з) ограниченная плотность источников питания.

2. Уничтожение (разрушение): а) БПЛА, устройств формирования и передачи информации; б) средств обработки информации (броски напряжений, протечки); в) помещений; г) информации (размагничивание, радиация, утечка и пр.); д) персонала (операторов управления ДПЛА, ЛПР); е) средств управления и сопровождения БПЛА.

3. Модификация (изменение): а) программного обеспечения системы управления БПЛА; б) программного обеспечения съема, формирования и передачи информации; в) видеоинформации при передаче в единой инфокоммуникационной системе.

Третью группу составляют угрозы, которые обусловлены стихийными

источниками (внешними факторами). Данные потенциальные угрозы безопасности ДВИР, правильно относятся в зависимости от формирования и выдаче информации в системе аэромониторинга. В качестве стихийных источников возникновения угроз рассматриваются: пожары; землетрясения; наводнения; ураганы; сложные погодные условия; другие обстоятельства.

В общем виде модель угроз безопасности ДВИР, формируемого на борту БПЛА и передаче его для дальнейшей обработки, при организации аэромониторинга графически представляется следующим образом (рис. 1.6) [16; 17]. Для каждой составляющей при обработке и передаче ДВИР в системе мониторинга рассматриваются угрозы по приведенной выше модели угроз. Римская цифра обозначает группу угроз ДВИР, арабская цифра - порядковый номер угрозы в модели угроз, а буква соответствующее ее наименование.

Рассмотрение угроз безопасности ДВИР в представленной модели угроз позволяет в первом приближении оценить их опасность, методом анализа и исключения определить наиболее актуальные угрозы, определить актуальные уязвимости ДВИР на этапах обработки и доставки с борта БПЛА, оценить взаимосвязь множеств угроз, источников угроз и уязвимостей.

Таким образом, существует необходимость определения актуальных и значимых угроз нарушения конкретных категорий информационной безопасности ДВИР при формировании и передаче с БПЛА в системе аэромониторинга, что и является задачей последующих исследований.

1.4 Обоснование актуальности и значимости угроз доступности и целостности безопасности видеoinформационного ресурса бортовых систем аэромониторинга кризисных ситуаций

Обеспечение безопасности ДВИР для бортовых комплексов БПЛА решается в составе единого комплекса мероприятий по обеспечению информацион-

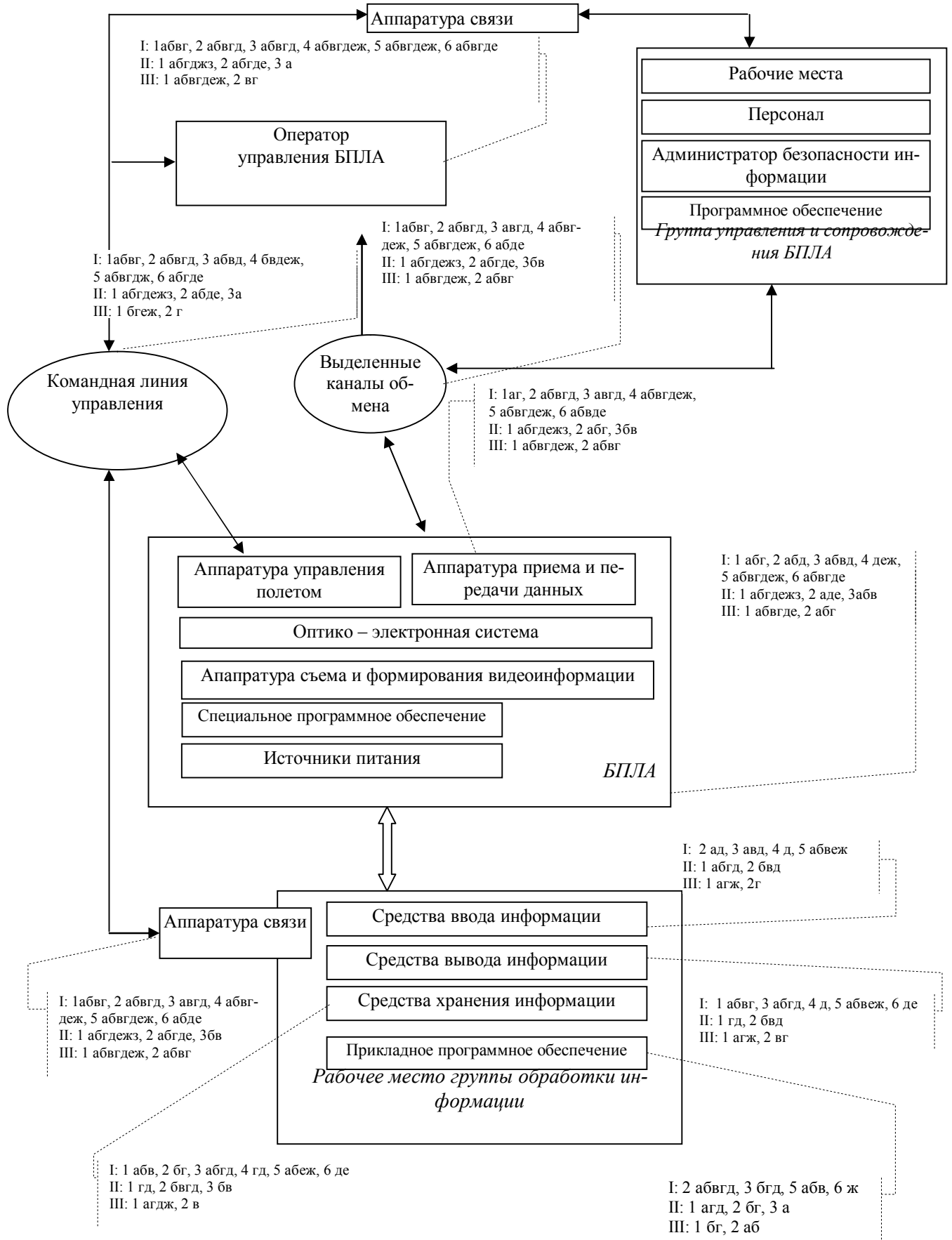


Рис. 1.6. Модель угроз безопасности ДВИР в процессе аэромониторинга кризисных ситуаций

ной безопасности в системе аэромониторинга кризисных ситуаций. При этом необходимо учитывать специфику управления и сопровождения БПЛА, а также условия обеспечения безопасности видеоданных при их формировании, обработке и передаче. В этой области недостаточно проработаны и исследованы вопросы: оценки уязвимостей и угроз безопасности при формировании, обработке и доставки видеоинформационного ресурса бортовых комплексов АЭРМ, оценки их актуальности и значимости.

Под актуальной угрозой безопасности дистанционного ВИР, формируемого бортовыми комплексами АЭРМ КС, понимается угроза, которая имеет большую вероятность реализации для нарушения безопасности ДВИР (отдельных ее категорий) в рассматриваемых условиях при формировании и доставке ресурса с борта БПЛА [17; 25; 53; 54]. Предлагается следующая классификация актуальности угроз: слабовероятные, средней вероятности, угрозы с высокой вероятностью реализации.

Под значимой угрозой безопасности ДВИР, формируемого бортовыми комплексами АЭРМ кризисных ситуаций, понимается актуальная угроза, реализация которой наносит существенный (*наибольший, ощутимый*) ущерб безопасности ВИР (отдельным его категориям). Предлагается следующая классификация значимости угроз: угрозы с высокой степенью ущерба, средней и низкой.

Для формирования множеств сущностей, фигурирующих в процессе реализации угрозы, необходимо выбрать удобную для представления этих множеств классификацию. На рис. 1.5 – 1.7 представлена обобщенная модель угроз видеоинформационному ресурсу. Данная модель угроз безопасности позволяет учесть целевое назначение видеоинформации, влияние объектов и субъектов доступа на ДВИР, источники возникновения угроз.

В тоже время особенностью обеспечения безопасности ДВИР является то, что в зависимости от условий полета и режимов формирования видеоданных варьируются уязвимости безопасности информационного ресурса. Вследствие чего происходят изменение не только самих угроз безопасности видеоданных бортовых комплексов, но и их значимости (актуальности).

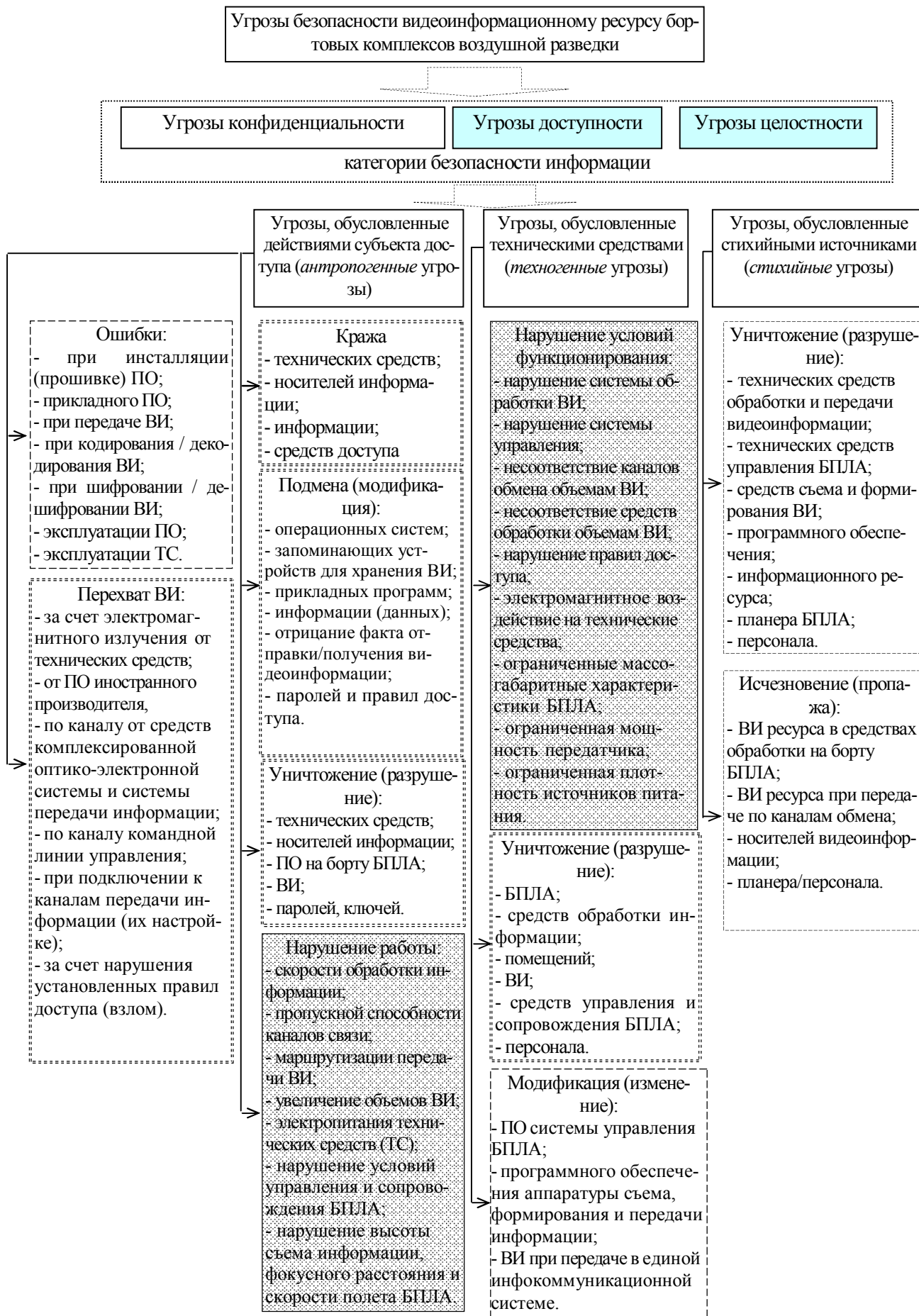


Рис. 1.7. Модель угроз безопасности ДВИР бортовых комплексов в системе АЭРМ КС

В соответствии с моделью угроз безопасности ДВИР для АЭРМ кризисной ситуации [8], все угрозы безопасности классифицированы на три основные группы в зависимости от источника возникновения (рис. 1.7): угрозы, обусловленные действиями субъекта доступа, включая действия злоумышленника (антропогенные угрозы); угрозы, обусловленные техническими средствами (техногенные угрозы); угрозы, обусловленные стихийными источниками (стихийные угрозы). Данные угрозы сформированы априорно и в первую очередь для статике процесса формирования и обмена видеоинформацией с борта БПЛА.

При этом возникновение дестабилизирующих факторов и оценка их влияния на формирование уязвимостей, угроз безопасности ДВИР непосредственно в динамике (формирование, обработка и передача видеоданных) в настоящее время проработана не в полной мере. Здесь важным аспектом также является взаимопротиворечивость угроз безопасности ДВИР для АЭРМ КС. Снижение одних угроз может привести к усилению других угроз безопасности ДВИР аэромониторинга кризисных ситуаций.

В связи, с чем выполним оценку актуальности и значимости уязвимостей и порождаемых ними угроз безопасности видеоинформационного ресурса при организации обмена видеоинформацией с бортовых комплексов в системе АЭРМ.

На рис. 1.8 представлена классификация наиболее значимых угроз безопасности ДВИР. К активным угрозам (преднамеренного, умышленного) нарушения безопасности ДВИР (рис. 1.8) отнесем:

- модификация или уничтожение источника информации (БПЛА, технических средств, аппаратуры бортовых комплексов, носителей информации, устройств хранения ВИ, средств передачи и обработки видеоинформации, средств доступа, помещений и персонала);
- модификация или уничтожение видеоинформации, паролей, ключей;
- изменение режимов полета БПЛА (высота, скорость) и непреднамеренный маневр.

Данные угрозы безопасности рассматриваются как преднамеренные действия нарушителей безопасности по проникновению и внедрению в систему управления (ее составные элементы), и локализуются за счет: выполнения организационно-штатных мероприятий и инструктажа персонала; использования специальных мероприятий по обеспечению скрытности и живучести БПЛА (бортовых средств аэронавигации); совершенствования и разработки новых методов обработки и передачи видеoinформационного ресурса, которые обеспечивают повышение конфиденциальности, целостности и доступности информации.



Рис. 1.8. Классификация наиболее значимых угроз нарушению доступности и целостности видеoinформации

К пассивным угрозам (непреднамеренным) нарушения безопасности ДВИР, обусловленные субъективными дестабилизирующими факторами (рис. 1.5 – 1.8), отнесем:

- модификацию видеоинформации при ее формировании, передаче и обработке, вызванные помехами каналу связи и его ограниченностью;

- перехват видеоинформации (от технических средств, от программного обеспечения (ПО), аппаратуры бортовых комплексов, и др.);

- модификация видеоинформации, вызванная ошибками: прикладного ПО, программного обеспечения аппаратуры бортовых комплексов, средств управления полетом БПЛА, контроля и сопровождения, паролей, ключей, правил доступа;

- модификация видеоинформации, при передаче, кодировании/декодировании, шифровании/дешифровании информации.

Рассмотренные два класса угроз безопасности ДВИР бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций учитываются на этапе проектирования (разработки) комплексной системы обеспечения безопасности информации в системах АЭРМ. За счет внедрения технологий гарантированной защиты информации (технической защиты, криптографической защиты, помехоустойчивого кодирования, антивирусного обеспечения и др.) в системах управления реализуется блокирование и снижение актуальности данных типов угроз [88; 137; 159; 176].

Анализ применения бортовых комплексов АЭРМ кризисных ситуаций, характеристик производительности технологий передачи и обработки видеоинформации, возросших требований к качеству и достоверности видеоинформация, обуславливают предпосылки относительно потери безопасности ДВИР [8]. Существующие уязвимости при формировании и передаче видеоинформационного ресурса с борта БПЛА создают предпосылки к возникновению угроз безопасности ДВИР, в первую очередь таких категорий безопасности, как доступности и целостности [8; 17; 25].

Уязвимости системы обеспечения безопасности ДВИР для бортовых

комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций могут быть обусловлены причинами следующего характера (рис. 1.9):

1) условиями проведения аэромониторинга:

- критичность эффективности функционирования бортового комплекса относительно неблагоприятных атмосферных (осадков, облачности) и температурных факторов;

- связь по радиоканалам в условиях прямой видимости и/или с использованием спутниковых каналов связи;

- непрямолнейность маршрута съемки;

- нестабильность высоты полета;

- вибрация борта;

- использование неметрических фотокамер;

- ограниченность сеанса связи;

2) особенностями конструкции борта и его полезной нагрузки:

- ограниченные масса и размеры ДПЛА, соответственно ограниченные размеры антенн;

- ограниченные возможности средств стабилизации аэрофотокамер;

- ограниченный энергетический ресурс борта;

- заметность средних и крупных БПЛА для визуальных и технических средств наблюдения злоумышленников;

- ограниченность размеров ПЗС-матрицы;

- подверженность балансировки от снижения размеров и массы БПЛА

- ограниченность вариантов выбора объективов фотокамер (постоянным/переменным фокусным расстоянием, сменные/стационарные);

3) ограниченностью энергетических и производительных ресурсов по обработке и передачи информации:

- ограниченные вычислительные возможности бортовой аппаратуры;

- ограниченная пропускная способность бортовой аппаратуры приема передачи;

4) использованием информационных технологий зарубежного производ-

ства:

- возможность постановки закладок и вирусных программ;
- ограниченность возможности модификации технологий обработки данных;

5) недостаточной эффективностью автоматизированных систем управления ДПЛА и режимами формирования ДВИР в процессе аэромониторинга, технологий проектирования полезной нагрузки БПЛА:

- ограниченность возможностей оператора для эффективного управления бортовым комплексом и выбором режимов обработки ДВИР;
- ограниченность возможности дешифровщиков для увеличения производительности анализа снимков.

С учетом комплекса актуальных угроз и уязвимостей выявляются характерные атаки на ДВИР в процессе проведения аэромониторинга кризисных ситуаций с использованием ДПЛА, которые сведены в табл. 1.2.

Рассматривая процесс функционирования системы обеспечения безопасности ДВИР (рис. 1.5) с учетом характерных (актуальных) угроз (табл. 1.2) можно выделить следующую динамику их взаимодействия.

Растет высота полета ДПЛА. С одной стороны происходит уменьшение вероятности уничтожения БПЛА, т.е. снижается вероятность возникновения угрозы потери источника БПЛА.

С другой стороны увеличивается угроза ошибки оператора управления ДПЛА, т.е.: неправильно выбирается режим соответствия: «высота съемки – разрешение снимка – класс задач дешифровки»; увеличивается угроза ошибки в результате неправильного выбора соотношения «размер снимка – скорость передачи с борта ДПЛА на пункт управления»; может быть недостаточным разрешение ПЗС-матрицы для формирования снимка с требуемой детальностью для решения заданных задач дешифрирования;

Дополнительным дестабилизирующим фактором здесь выступает ограниченность оптико-электронной аппаратуры регистрации снимка (настройка фокусного расстояния и зумма).



Рис. 1.9. Структурная схема уязвимостей системы обеспечения безопасности ДВИР для бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций

Таблица 1.2.

Характерные атаки на ДВИР в процессе проведения аэромониторинга кризисных ситуаций с использованием ДПЛА

<i>Угроза безопасности ДВИР</i>	<i>Уязвимости системы обеспечения информационной безопасности в системе аэромониторинга кризисных ситуаций</i>	<i>Реализация угрозы безопасности ДВИР</i>	<i>Ущерб в результате атаки</i>
Злоумышленник	Относительная заметность борта для технических средств противника; Визуальная заметность средних и крупных БПЛА на низких и средних высотах	Нанесение огневого удара Перехват управления	Уничтожение или потеря управления бортовым комплексом, потеря источника ДВИР
	Дистанционность управления по командной радиолинии	Перехват управления Глушение каналов управления	Потеря управления бортовым комплексом, потеря источника ДВИР
	Закладки и вирусные программы в кодеках аэрофотоснимков, кодеках канала	Перехват управления Нарушение стандартного процесса обработки ДВИР на борту	Потеря источника ДВИР Потеря целостности, доступности, конфиденциальности
	Низкая устойчивость формируемого кодового представления ДВИР к помехам в канале связи	Постановка помех Электромагнитная несовместимость	Разрушения ДВИР, полная или частичная потеря целостности ДВИР, потеря семантической целостности ДВИР Потеря доступности к ДВИР как результат несвоевременности доставки информации
Угрозы техногенного характера			

продолжение табл. 1.2.

<i>Угроза безопасности ДВИР</i>	<i>Уязвимости системы обеспечения информационной безопасности в системе аэромониторинга кризисных ситуаций</i>	<i>Реализация угрозы безопасности ДВИР</i>	<i>Ущерб в результате атаки</i>
Субъект управления и пользования данными аэромониторинга (оператор, управление ДПЛА, ЛПР, дешифровщик)	Низкая эффективность системы обработки и кодирования ДВИР относительно обеспечения требуемой информационной плотности для заданных условий полноты информации и времени обработки	Ошибки управления БПЛА Ошибка выбора параметров съемки Ошибка настройки параметров процесса обработки ДВИР	Потеря доступности в результате несвоевременной доставки ДВИР Потеря целостности в результате доставки ДВИР со значительными искажениями синтаксического и семантического описания аэрофотоснимков, несоответствия полноты ДВИР требуемой детальности снимка
	Резкое падение эффективности или уровня динамической устойчивости при обработке высокоинформативных и/или динамически меняющейся структурой ДВИР		
	Отсутствует универсальная математическая зависимость между следующими параметрами: Высота формирования ДВИР – разрешающая способность снимка – класс задач по дешифрированию		
	Ограниченность размера ПЗС-матрицы опико-электронной аппаратуры для регистрации аэрофотоснимка на борту	Ошибки управления БПЛА Ошибка проектирования БПЛА Ошибка настройки параметров технологий обработки ДВИР на борту	Потеря целостности ДВИР в результате несоответствия полноты информационного ресурса требованиям класса задач управления и дешифрирования
	Ограниченный сеанс связи Ограниченный энергетический ресурс Связь с бортом в пределах прямой видимости Ограниченная ресурсная возможность бортовой аппаратуры по обработке и передаче ДВИР		Потеря источника (борта) ДВИР Потеря доступности в результате недополучения или несвоевременной доставки ДВИР Потеря целостности в результате доставки ДВИР со значительными искажениями синтаксического и семантического описания аэрофотоснимков
	Ограниченное время формирования ДВИР в задачах мониторинга заданной площади	Ошибка настройки параметров технологий обработки ДВИР на борту	Потеря доступности в результате недополучения или несвоевременной доставки ДВИР Потеря целостности в результате доставки ДВИР со значительными искажениями синтаксического и семантического описания аэрофотоснимков

продолжение табл. 1.2.

<i>Угроза безопасности ДВИР</i>	<i>Уязвимости системы обеспечения информационной безопасности в системе аэромониторинга кризисных ситуаций</i>	<i>Реализация угрозы безопасности ДВИР</i>	<i>Ущерб в результате атаки</i>
<p>Субъект управления и пользования данными аэромониторинга (оператор, управление ДПЛА, ЛПР, дешифровщик)</p>	<p>Низкая устойчивость системы формирования снимков (ДВИР) относительно стабилизации камеры в полете ДПЛА</p>	<p>Ошибки управления БПЛА в маневре</p>	<p>Потеря источника (борта) ДВИР Появление помех на аэрофото-снимке Потеря целостности ДВИР Потеря доступности ДВИР из-за потери сеанса с бортом, несвоевременная доставка ДВИР</p>
<p>Стихийные и погодные катаклизмы и условия</p>		<p>Резкое пульсирующее изменение траектории полета БПЛА, отклонение относительно заданного курса, повышение или снижение температуры, повышение скорости ветра, выпадение осадков</p>	

Результат (ущерб). Происходит потеря доступности и целостности ДВИР. Снижение высоты ДПЛА. Наоборот снижается вероятность указанных выше угроз из-за ошибки оператора или ошибок в настройках бортовой аппаратуры. Но в тоже время повышается угроза уничтожения источника ДВИР. Это неминуемо приведет к полной потере доступности и целостности ДВИР.

Таким образом, в процессе обеспечения информационного обеспечения (информационного превосходства) систем управления ВСУ в кризисных ситуациях военной и мирной специфики с использованием беспилотных летательных средств комплекса аэромониторинга существует следующая иерархия противоречий (рис. 1.10):

1. Противоречие на уровне управления ВСУ в кризисных ситуациях. С одной стороны аэромониторинг с использованием ДПЛА является эффективным направлением для обеспечения информационного превосходства при управлении ВСУ в кризисных ситуациях. С другой стороны повышаются угрозы потери безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга с использованием БПЛА в кризисных ситуациях до *критического уровня*.

Под *критическим уровнем угроз безопасности информационному ресурсу* понимается состояние, для которого происходит наиболее высокая актуальность и значимость угроз на системном уровне, что в условиях противоборства и развития информационно-технических средств для реализации атак; в условиях управления в кризисных ситуациях; в условиях критичности аэромониторинга, неминуемо влечет за собой непоправимый ущерб Национальной безопасности государства и снижению обороноспособности.

Другими словами такое состояние соответствует случаю максимальной уязвимости системы обеспечения безопасности информации относительно комплекса угроз, тогда блокируется процесс информационного обеспечения систем управления. В данном случае рассматривается целая система информационного обеспечения ВСУ в КС. Например, весь комплекс создания информационного превосходства на основе концепции с использованием АЭРМ.



Рис. 1.10. Структурная схема формирования противоречия в системе обеспечения безопасности информации для АЭРМ с использованием ДПЛА для информационного обеспечения процессов управления ВСУ в кризисных ситуациях

2. Противоречие на уровне информационного обеспечения с использованием беспилотных комплексов АЭРМ. С одной стороны существует возможность повысить скрытность и живучесть бортового комплекса и снизить вероятность угрозы потери источника ДВИР. С другой стороны повышаются угрозы потери безопасности ДВИР по категориям целостности и доступности, как наиболее актуальных и значимых для аэромониторинга кризисных ситуаций военной и мирной специфики.

3. Уровень обеспечения безопасности ДВИР на технологическом уровне конструирования и проектирования системы обеспечения безопасности информации, включая информационные технологии и методы обработки ДВИР. С одной стороны существует возможность повысить целостность ДВИР. С другой стороны происходит увеличение вероятности угрозы потери доступности ДВИР в системе АЭРМ с использованием БПЛА.

Значит, можно утверждать, что существует *актуальная научно-прикладная проблема*, состоящая в необходимости повышения безопасности дистанционного державного видеоинформационного ресурса аэромониторинга с использованием БПЛА для обеспечения эффективности управления ВСУ кризисных ситуациях военной и мирной специфики.

Обобщенно схема формирования научно-прикладной проблемы относительно необходимости повышения безопасности дистанционного державного видеоинформационного ресурса аэромониторинга с использованием БПЛА, представлена в структурном виде на рис. 1.11. Поскольку наиболее актуальными и значимыми угрозами безопасности являются угрозы потери целостности и доступности, то математически формализованной формулировкой научно-прикладной проблемы примет такой вид.

Требуется обеспечить повышение доступности ДВИР АЭРМ КС

$$K_{\text{двир}} = F_d(t_{\text{ди}}; t_{\text{тр}}; U_{\text{обр}}; U_{\text{рк}}; U_{\text{пб}}; H_{\text{пб}}; \Omega_a) \rightarrow \max \quad (1.5)$$

в условиях обеспечения требуемого уровня целостности



Рис. 1.11. Обобщенная структурная схема наличия противоречия процесса обеспечения безопасности ДВИР на прикладном уровне (научно-прикладной аспект (составляющие) проблемы)

$$P_{\text{ц}} = F_{\text{ц}}(\sigma_{\text{пф}}; \sigma_{\text{обр}}; \sigma_{\text{п}}; \sigma_{\text{аз}}; \sigma_{\text{рс}}) \geq P_{\text{цтр}} \quad (1.6)$$

для заданного комплекса характеристик аэромониторинга

$$P_{\text{д}} \geq P_{\text{дтр}}, \quad (1.7)$$

и снижения последствий нарушения безопасности информационных ресурсов, т.е.

$$\Psi_{\text{уб}} : \{ \Psi_{\text{иу}}; \{ \Psi_{\text{уир/фс}}; \Psi_{\text{уир/ис}}; \Psi_{\text{уир/топ}}; \Psi_{\text{уир/уз}} \} \} \rightarrow \Psi_{\text{ущ}} \rightarrow \min. \quad (1.8)$$

Здесь приняты такие обозначения:

1) $F_{\text{д}}(t_{\text{ди}}; t_{\text{тр}}; U_{\text{обр}}; U_{\text{рк}}; U_{\text{пб}}; H_{\text{пб}})$ - функционал задающий соотношение между $t_{\text{ди}}$ и $t_{\text{тр}}$ в условиях: обеспечения требуемой целостности ДВИР, $P_{\text{ц}} \geq P_{\text{цтр}}$; требуемой достоверности источника информации $P_{\text{д}} \geq P_{\text{дтр}}$; заданного комплекса характеристик аэромониторинга, включая производительность $U_{\text{обр}}$ бортовой вычислительной аппаратуры, характеристик пропускной способности $U_{\text{рк}}$ радиоканалов, скорости $U_{\text{пб}}$ полета борта, высоты $H_{\text{пб}}$ полета борта; наличия злоумышленников, обладающих возможностью проведения множества $\Omega_{\text{а}}$ атак, направленных на потерю доступности ДВИР;

2) $\sigma_{\text{пф}}$ - показатель качества формирования аэрофотоснимка бортовой оптико-электронной аппаратурой ДПЛА; $\sigma_{\text{обр}}$ - показатель уровня потери целостности на синтаксическом и семантическом уровне в результате обработки для выделения и представления информативных составляющих ДВИР; $\sigma_{\text{п}}$ - показатель потерь целостности, обусловленных ошибками в кодовых конструкциях видеоресурса и потерями пакетов; $\sigma_{\text{аз}}$ - показатель потерь целостности, обу-

словленных действиями злоумышленника (например, наведение помех); σ_{pc} - показатель потерь целостности ДВИР в случаях несоответствия реальной разрешающей способности требуемой;

3) Ψ_{yb} - множество реализаций угроз; Ψ_{iy} - множество источников угроз; $\Psi_{уир}$ - множество уязвимостей, направленных на нанесение множества $\Psi_{ущ}$ ущербов безопасности видеоинформационному ресурсу.

1.5. Постановка научно-прикладных задач на исследования

Для снижения потерь безопасности информационного ресурса существует система обеспечения доступности и целостности ДВИР аэромониторинга на базе беспилотных бортовых комплексов (рис. 1.5). В тоже время для составляющих (технологий обеспечения доступности и целостности) системы обеспечения безопасности ДВИР существует комплекс проблемных (системных) недостатков (рис. 1.12) [1 – 8; 11; 44; 48; 55; 56; 59; 60; 65; 69; 74 – 78; 96 – 99; 101 – 103; 109; 110; 113; 114; 133; 165; 170; 171; 173 – 175; 179 – 186; 193 – 216; 221 – 231].

Методы и средства формирования дистанционных ВИР. Здесь развитие теоретических основ и технологий ограничивается такими недостатками:

- отсутствует точное математическое описание зависимости детальности снимка от высоты съема; В результате чего, образуется равномерная избыточная детальность снимка, и наоборот, для различных объектов с разными пространственными размерами на местности свойственна недостаточная детальность;

- сложность установления зависимости выбора величины фокусного расстояния от освещенности и специфических искажений. В результате на снимке образуется размытость и засветка;

- проблематичность определения зависимости чувствительности от разрешения ПЗС-матрицы;

- проявляется зависимость зума от краевых искажений на аэрофотоснимке.

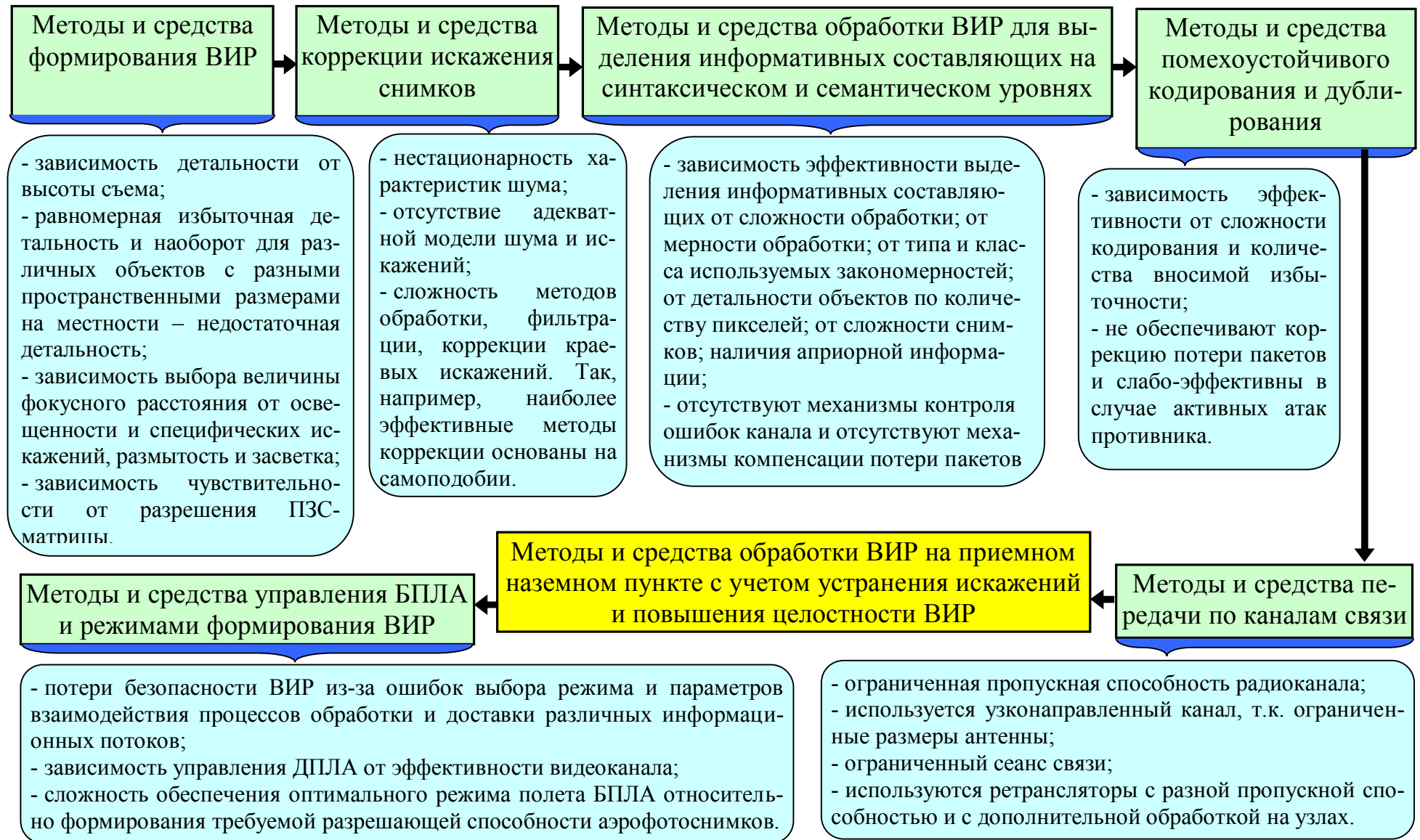


Рис. 1.12. Схема распределения проблемных (системных) недостатков существующих технологий обеспечения доступности и целостности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга

Методы и средства коррекции искажения снимков. Здесь при построении теоретических положений и методов проявляются следующие проблемности:

- нестационарность характеристик шума;
- отсутствие адекватной модели шума и искажений;
- сложность методов обработки, фильтрации, коррекции краевых искажений.

Так, например, наиболее эффективные методы коррекции основаны на свойствах самоподобия.

Методы и средства обработки ВИР для снижения объема и битовой скорости (выделение информативных составляющих на синтаксическом и семантическом уровнях). Для таких технологий характерны проблемные стороны, которые сдерживают развитие соответствующих теоретических положений, а именно:

- наличие зависимости эффективности выделения информативных составляющих от сложности обработки; от мерности обработки; от типа и класса используемых закономерностей; от детальности объектов по количеству пикселей; от сложности снимков; наличия априорной информации

- отсутствуют механизмы контроля ошибок канала и отсутствуют механизмы компенсации потери пакетов.

Методы и средства помехоустойчивого кодирования и дублирования. Таким составляющим системы обеспечения безопасности информации свойственны следующие проблемные стороны:

- наличие зависимости эффективности от сложности кодирования и количества вносимой избыточности;

- не обеспечивается коррекция потери пакетов, а также слабо-эффективность в случае активных атак злоумышленника.

Методы и средства передачи по каналам связи. На данном этапе выделяются следующие проблемности:

- ограниченная пропускная способность радиоканала;
- используется узконаправленный канал, т.к. ограниченные размеры антенны беспилотного бортового комплекса;
- ограниченный сеанс связи;

- используются ретрансляторы с разной пропускной способностью и с дополнительной обработкой на узлах.

Методы и средства обработки ВИР на приемном наземном пункте с учетом устранения искажений и повышения целостности ВИР. Данный этап обеспечения безопасности ДВИР зависит от эффективности предыдущих составляющих.

Методы и средства управления БПЛА и режимами формирования ВИР.

Характерны такие проблемные недостатки:

- потеря безопасности ДВИР из-за ошибок выбора режима и параметров взаимодействия процессов обработки и доставки видеопотока и аэрофотоснимков; отсутствие или недостаточная проработанность протоколов взаимодействия механизмов обработки и передачи различных информационных потоков (инфракрасный режим, радиолокационный режим, оптико-электронный режим, видеорежим и т.д.);

- зависимость управления ДПЛА от эффективности видеоканала; сложность обеспечения оптимального режима полета БПЛА относительно формирования требуемой разрешающей способности аэрофотоснимков.

Значит, существующие теоретические основы и методы не обеспечивают требуемого уровня безопасности ДВИР по категориям целостности и доступности с учетом комплекса уязвимостей процесса информационного обеспечения с использованием беспилотных бортовых средств, а именно (рис. 1.13):

1. Не обеспечивают возможность для локализации комплекса угроз потери безопасности ДВИР в условиях проведения АЭРМ в кризисных ситуациях.

2. Существует противоречие, состоящее в том, что снижение уровня одних угроз приводит к повышению актуальности и значимости угроз другой группы.

3. Не устраняют и не локализуют дисбаланс между обеспечением категорий доступности и целостности ДВИР.

4. Технологии и методы обработки для бортовых комплексов недостаточно эффективны для информационного обеспечения даже при отсутствии атак злоумышленника.

В тоже время:



Рис. 1.13. Структурная схема формирования аспектов научно-прикладной проблемы относительно необходимости создания научных основ повышения безопасности дистанционного ВИР в системе аэромониторинга кризисных ситуаций

1. Повышаются требования к эффективности информационного обеспечения систем управления ВСУ в кризисных ситуациях.

2. Повышается актуальность и значимость угроз потери безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса до *критического уровня* по категориям целостности и доступности в условиях аэромониторинга с использованием ДПЛА в кризисных ситуациях с учетом наличия противоборства сторон.

Поэтому *цель исследований* заключается в разработки научных основ (теоретических основ и методов) обеспечения (повышения) доступности и целостности дистанционного ВИР с использованием беспилотных бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций.

Необходимо снизить (локализовать) дисбаланс между обеспечением категорий доступности и целостности ДВИР с учетом комплекса уязвимостей процесса информационного обеспечения с использованием беспилотных бортовых средств аэромониторинга для повышения эффективности управления ВСУ кризисных ситуациях военной и мирной специфики.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научно-прикладные задачи:

1. Обосновать направления разработки научных основ в системе обеспечения безопасности ДВИР для повышения его доступности и целостности в условиях наличия актуальных угроз.

2. Разработать концептуальный метод интеллектуальной обработки видеоинформационных ресурсов на основе идентификации степени информативности их семантического содержания в автоматическом режиме в условиях проведения аэромониторинга беспилотными бортовыми комплексами. Решение задачи базируется на выполнении таких научно-прикладных заданий:

- построить концепцию метода и технологии интеллектуальной обработки ВИР с идентификацией степени информативности семантического содержания на основе использования методов маскирования;

- разработать модель для оценки эффективности автоматической семантической идентификации сегментов аэрофотоснимков;

- создать методологию и провести оценку эффективности метода идентификации сегментов видеокадров по степени их семантической информативности.

3. Создать метод информативного синтаксического описания семантически идентифицированных кадров. Здесь требуется решить такие научно-прикладные задания:

- построить модель эффективного синтаксического описания с учетом наличия контурированной информации на основе выявления структурных локально-пространственных характеристик;

- построить метод оценки синтаксической информативности в сегментированных видеокадрах на основе учета комплекса новых структурных и статистических закономерностей.

4. Разработать метод интеллектуальной обработки видеоснимка с автоматической идентификацией семантической информативности. Для этого требуется решить следующие научно-прикладные задания:

- разработать метод формирования информативного синтаксического представления с учетом контурной информации и выявляемых структурных закономерностей;

- разработать метод формирования двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания;

- построить верификацию созданного кодирования в общую технологию обработки статических ДВИР.

5. Построить метод и программную реализацию оценки безопасности дистанционно-формируемого видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций. Для требуется:

- создать метод оценки целостности видеоинформационных ресурсов для двухконцептуального метода обработки видеокадров с идентификацией их семантической нагрузки;

- провести сравнительную оценку характеристик методов обработки видеокадров относительно обеспечения целостности видеоинформационного ре-

сурса;

- построить метод оценки доступности дистанционного информационного ресурса в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций;

- провести сравнительную оценку методов обработки дистанционных видеоинформационных ресурсов относительно обеспечения их доступности в условиях требуемого уровня целостности.

Выводы

1. Обосновывается, что для повышения эффективности систем управления кризисными ситуациями военной и мирной специфики необходимо: обеспечить информационное превосходство; организовать оперативное и достоверное получение видеоинформационного ресурса.

2. Показано, что аэромониторинг:

- занимает ключевое место в системе видеоинформационного обеспечения для процессов управления кризисных ситуаций военной и мирной специфики.

- является одним из самых сложных и критических относительно степени уязвимости в кризисных ситуациях. Особенно критичен по уязвимости аэромониторинг кризисных ситуаций в начальный период активных действий. В этот период действий в кризисных ситуациях особенно важным является использование беспилотных бортовых средств АЭРМ.

3. Обосновано, что одним из наиболее информативных видов аэромониторинга является оптико-электронные средства, обеспечивающие формирование видеоинформационного ресурса. Видеоинформационные ресурс, формируемый на бортовых комплексах системы аэромониторинга кризисных ситуаций мирной и военной специфики, является государственным дистанционным видеоинформационным ресурсом (ГДВИР), обладающий следующими особенностями: имеет значимое влияние на эффективность управления в кризисных

ситуациях; отличается удаленностью формирования ВИР относительно пунктов анализа, дешифровки и принятия решений.

4. Разработана система показателей оценки категорий безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций. Показано, что эффективность информационного обеспечения систем управления кризисными ситуациями определяется категориями информационной безопасности. Оперативность и достоверность доведения информации с использованием бортовых комплексов АЭРМ характеризуется степенью обеспечения доступности, целостности и конфиденциальности информационных ресурсов.

5. Построена модель угроз безопасности дистанционному информационному ресурсу в системе аэромониторинга кризисных ситуаций. Рассмотрение угроз безопасности ДВИР в представленной модели угроз позволяет в первом приближении оценить их опасность, методом анализа и исключения определить наиболее актуальные угрозы, определить актуальные уязвимости ДВИР на этапах обработки и доставки с борта БПЛА, оценить взаимосвязь множеств угроз, источников угроз и уязвимостей.

6. Доказано, что в процессе обеспечения информационного обеспечения (информационного превосходства) систем управления ВСУ в кризисных ситуациях военной и мирной специфики с использованием беспилотных летательных средств комплекса аэромониторинга существует следующая иерархия противоречий:

- 1) противоречие на уровне управления ВСУ в кризисных ситуациях;
- 2) противоречие на уровне информационного обеспечения с использованием беспилотных комплексов АЭРМ;
- 3) уровень обеспечения безопасности ДВИР на технологическом уровне конструирования и проектирования системы обеспечения безопасности информации, включая информационные технологии и методы обработки ДВИР.

Значит, можно утверждать, что существует **актуальная научно-прикладная проблема**, состоящая в необходимости повышения безопасности

дистанционного державного видеоинформационного ресурса аэромониторинга с использованием БПЛА для обеспечения эффективности управления ВСУ в кризисных ситуациях военной и мирной специфики.

7. Обосновано, что существующие теоретические основы и методы не обеспечивают требуемого уровня безопасности ДВИР по категориям целостности и доступности с учетом комплекса уязвимостей процесса информационного обеспечения с использованием беспилотных бортовых средств, а именно:

1) не обеспечивают возможность для локализации комплекса угроз потери безопасности ДВИР в условиях проведения АЭРМ в кризисных ситуациях;

2) существует противоречие, состоящее в том, что снижение уровня одних угроз приводит к повышению актуальности и значимости угроз другой группы;

3) не устраняют и не локализуют дисбаланс между обеспечением категорий доступности и целостности ДВИР;

4) технологии и методы обработки для бортовых комплексов недостаточно эффективны для информационного обеспечения даже при отсутствии атак злоумышленника.

В тоже время:

1) повышаются требования к эффективности информационного обеспечения систем управления ВСУ в кризисных ситуациях;

2) повышается актуальность и значимость угроз потери безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса до **критического уровня** по категориям целостности и доступности в условиях аэромониторинга с использованием ДПЛА в кризисных ситуациях с учетом наличия противоборства сторон.

Поэтому **цель исследований** заключается в разработки научных основ (теоретических основ и методов) обеспечения (повышения) доступности и целостности дистанционного ВИР с использованием беспилотных бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций.

Результаты данного раздела опубликованы в следующих научных трудах [8; 22; 25; 29; 38; 39; 41; 137].

РАЗДЕЛ 2

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ НАУЧНЫХ ОСНОВ В
СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИР
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ДОСТУПНОСТИ И ЦЕЛОСТНОСТИ
В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ АКТУАЛЬНЫХ УГРОЗ**

Обосновывается, что разработку научных основ повышения безопасности ДВИР в системе аэромониторинга кризисных ситуаций необходимо проводить в направлении решения противоречия, в основе которого лежит дисбаланс между требованиями по обеспечению доступности и целостности ДВИР в условиях снижения угроз потери источника ДВИР с учетом наличия комплекса уязвимостей, антропогенных угроз, и угроз вызванных наличием противоборства сторон.

Проводится доказательство, что ядром такого дисбаланса является резкий рост информационной интенсивности ДВИР до критического уровня. Значит, для повышения информационной безопасности аэромониторинга кризисных ситуаций необходимо обеспечить своевременную доставку ДВИР с заданной информационной интенсивностью без потери его целостности в условиях наличия уязвимостей, обусловленных особенностями использования беспилотных бортовых комплексов как источников информации.

Выявляются значимые проблемные ограничения, накладываемые на процесс обработки аэрофотоснимков на борту БПЛА

2.1. Обоснование значимых дестабилизирующих факторов определяющих дисбаланс между доступностью и целостностью дистанционного видеоинформационного ресурса аэромониторинга кризисных ситуаций

Для разработки научных основ повышения безопасности ДВИР в системе аэромониторинга кризисных ситуаций необходимо выявить ключевые факторы, определяющие актуальные и значимые угрозы и уязвимости для ДВИР аэромониторинга кризисных ситуаций.

Для определения значимых угроз доступности и целостности ДВИР бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций необходимо выполнить оценку условий формирования видеоинформации, характеристик видеоинформационного ресурса, в первую очередь характеристик информационной интенсивности, и выполнения требований по обеспечению его безопасности. Данный сегмент угроз безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в условиях формирования значительных информационных интенсивностей для беспилотных бортовых комплексов недостаточно изучен и исследован.

Рост информационной интенсивности ДВИР вызван следующими причинами [9; 12; 22; 36; 46; 60; 64; 67; 82; 99; 100; 160; 161; 167; 168; 182; 185]:

- 1) требованием повышения эффективности аэромониторинга в кризисных ситуациях, что включает в себя повышение живучести, скрытности, оперативности доставки информации и ее достоверность;

- 2) требованием повышения безопасности ДВИР аэромониторинга кризисных ситуаций в условиях: наличия комплекса угроз информационной безопасности, в том числе обусловленных наличием противоборства сторон; наличием комплекса уязвимостей системы обеспечения информационной безопасности, в том числе вызванных условиями проведения аэромониторинга с использованием ДПЛА. Это приводит к необходимости снизить угрозы

потери источника ДВИР, угрозы потери целостности (качество и полнота информации) и доступности;

3) ошибками проектирования и управления БПЛА, т.е. наличием антропогенных угроз, т.е. угроз со стороны субъекта системы аэромониторинга.

Рассмотрим подробно процесс повышение информационной интенсивности ДВИР АЭРМ КС.

Повышение живучести и скрытности проведения аэромониторинга связано с повышением высоты полета ДПЛА. В тоже время для обеспечения возможности решения комплекса задач системы управления и обеспечения условия информационного превосходства требуется обеспечить должный уровень полноты информации. С позиции аэромониторинга это соответствует формированию снимков с требуемой разрешающей способностью.

Значит, для каждого уровня управления предупреждения и ликвидации КС необходимо обеспечить заданный уровень детальности объектов мониторинга, информация о которых используется для принятия решений. При этом для разных уровней системы управления КС требуется обеспечить различный уровень характерной детальности объектов контроля.

Отсюда следует, что одной из важных технических характеристик, влияющих на эффективность использования цифровых оптических систем и устройств в беспилотной технике, является их разрешающая способность [8; 9; 66; 79; 82; 108]. Основным фактором, определяющим разрешение оптико-электронной системы, является размерность матричного прибора с зарядовой связью (ПЗС), на который после объектива проецируется получаемое изображение.

В табл. 2.1 приведены характерные данные для ПЗС-матриц, применяемых в оптико-электронных системах наблюдения и устанавливаемых на БПЛА.

Размерность изображения $L_{стр} \times L_{стб}$ выбирается в соответствии с обеспечением требуемой характерной детальности объектов мониторинга. В тоже время разрешающая способность оптико-электронной аппаратуры зависит от

высоты H съема информации. Чем выше бортовое средство находится над объектами мониторинга, тем ниже разрешающая способность, формируемых снимков. Чтобы скомпенсировать снижение разрешающей способности необходимо увеличить размерность изображения.

Таблица 2.1

Характеристики объемов видеoinформации, формируемых цифровыми камерами бесплотных летательных аппаратов

Тип камеры	Размерность ПЗС-матрицы	Разрядность элементов, бит	Цифровой объем изображения, Мбит
УОМЗ СОИ 112	320 x 240	8	0,58594
		24	1,75781
Wescam IISST Step-Stare	640 x 512	8	2,5
		24	7,5
BAI Miniature PTZ; УОМЗ СОИ 112	752 x 528	8	3,029297
		24	9,08789
STN Attras Electronic ISSOS 2000; Zeiss OPHELIOS WB6	576 x 768	8	3,375
		24	10,125
Boeng SPIRT	1134 x 486	8	4,20474
		24	12,61423
CAI 260/25A	5120 x 5120	7	175
		24	600
F-985	9420 x 9420	8	677
		24	2031
EOS-1D	2464x1648		
EOS-10D	3072x2048		
C-8080Z	3264x2448		
EOS-1 D	3504x2336		

Зависимость информационной интенсивности ДВИР от требуемой детальности и высоты съема рассматривается в табл. 2.2. Оценка разрешающей способности привязывалась относительно получения информации о таком объекте как «Наземное транспортное средство». Анализ данных в табл. 2.2 показывает, что объемы изображений резко увеличиваются в случае необхо-

димости повышать детальность решаемых задач анализа объектов. При этом рост объема в среднем может достигать 5 раз при увеличении детальности дешифровки на одну позицию

Таблица 2.2.

Зависимость объемов видовых изображений от уровня дешифрирования

Высота съема	Уровень дешифрирования				
	обнаружение	распознавание типа (общее)	распознавание модели (точное)	детальное описание	анализ состояния
100 м	$L_{\text{стр}} \times L_{\text{стб}} = 1024 \times 768, W \approx 19 \text{ Мбит}$				
400 м	$L_{\text{стр}} \times L_{\text{стб}} = 1024 \times 768, W \approx 19 \text{ Мбит}$			2288 x 1712 $W \approx 94 \text{ Мбит}$	Свыше 3504 x 2336 $W \approx 196 \text{ Мбит}$

Анализ табл. 2.1 и 2.2 показывает, что для повышения целостности ДВИР в условиях снижения угроз потери источника информации требуется обеспечивать видеоинформационное взаимодействие с большей детализацией видеокadra и на большей высоте съема, т.е. требуется увеличивать размеры ПЗС-матриц. При этом объемы видовых изображений аэромониторинга в системе управления кризисных ситуаций достигают порядка 100 Мбит – 10 Гбит.

Рассмотрим связь между ростом информационной интенсивностью ДВИР и повышением его целостности, обусловленным необходимостью создания информационного превосходства в условиях наличия противоборства с использованием комплекса беспилотных бортовых средств аэромониторинга.

Здесь выделяются следующие причины роста информационной интенсивности ДВИР:

- необходимость повышения разрешающей способности снимков по условию повышения эффективности дешифрирования и управления;

- использованием как минимум двух датчиков: видеокамера и аэрофотоаппарат. Это условие для повышения эффективности управления и проведения аэромониторинга;

- использованием двух и более фотоаппаратов для получения стереомодели. Это для повышения эффективности формирования визуального представления;

- использования зума для повышения масштаба объектов путем использования оптических средств ведет к росту искажений в процессе формирования снимка. Отсюда зум требуется использовать с ограниченной кратностью. Следовательно, опять таки требуется увеличивать размер снимка;

- используется помехоустойчивое кодирование Для компенсации ошибок с учетом постановки помех со стороны злоумышленника

- используются селективные методы защиты ДВИР для обеспечения конфиденциальности информации в условиях противоборства сторон. Это ведет к понижению степени сжатия, а следовательно, к росту информационной интенсивности ДВИР;

- необходимость обеспечения потенциала для помехоустойчивого кодирования.

Важно отметить, что значительный рост интенсивности вызван антропогенными угрозами со стороны объектов информационного обеспечения с использованием АЭРМ, а именно операторов управления БПЛА, проектировщиков и наладчиков полезной нагрузки БПЛА. Здесь выделяются такие ошибки как: ошибка управления бортовым комплексом, ошибка проектирования полезной нагрузки, ошибка установления параметров технологий обработки ДВИР на борту, ошибками настройки режима автономного полета, ошибкой вызванной решением об одновременной передаче динамического видеопотока и данных аэрофотоснимка.

В тоже время с позиций обеспечения информационного превосходства и повышения эффективности процесса информационного обеспечения наиболее важным является достижение требуемого уровня оперативности дос-

тавки ДВИР. В этой связи необходимо оценить влияние роста информационной интенсивности ДВИР на категорию его доступности (количественная характеристика соответствия реальной и требуемой оперативности доставки ДВИР). Для такой оценки необходимо учитывать комплекс уязвимостей, обусловленных, в том числе особенностями аэромониторинга с использованием БПЛА, наличием угроз безопасности ДВИР, в том числе вызванных противоборством сторон.

Уязвимостями системы обеспечения информационной безопасности, обусловленными характерными особенностями БПЛА требованием повышения живучести и скрытности, т.е. снижения угрозы потери источника ДВИР являются:

1. Ограниченные массогабаритные характеристики БПЛА. Более 70% от всей стартовой массы БПЛА отводится на двигатель. Это связано с образованием уязвимости, обусловленной ограниченными размерами антенн и недостаточными характеристиками производительности бортовой аппаратуры относительно обработки и передачи информации. В условиях роста информационной интенсивности ДВИР происходит снижение оперативности его доставки, и как следствие потеря его доступности.

2. Происходит дополнительное снижение пропускной способности информационного радиоканала, предоставляемой для передачи данных аэрофотоснимка (статический ДВИР), в результате одновременной передачи:

- видеопотока для управления БПЛА;
- панорамных аэрофотоснимков для задач дешифрирования;
- аэрофотоснимков переднего обзора для задач объективного контроля;
- информации от сенсоров в других диапазонах (радиолокация, инфракрасный и лазерный диапазоны).

3. Ограниченные мощность и плотность источников питания. При этом требуется учитывать, что двигатель требует около 90% всей мощности, а на обеспечении систем авионики и связи отводится 10%. В этой концепции видеосистема, например, для мини-БПЛА обеспечивает только один фрейм ка-

жды *две секунды*. Более высокие числа фреймов увеличат требование по мощности и плотности источников питания. Следовательно, существует временное ограничение t_m на доставку данных с учетом энергетических возможностей БПЛА. В условиях роста информационной интенсивности ДВИР данная уязвимость приводит к угрозе потери целостности и доступности информации.

4. Осуществление видео-фотосъемки на определенной высоте и скорости полета БПЛА. Это приводит к наложению дополнительного ограничения на время t_{mk} между формированием соседних кадров, которое находится в прямо пропорциональной зависимости от высоты и скорости БПЛА, на которых осуществляется съем информации, т.е. $t_{mk} \sim H$ и $t_{mk} \sim U_{\text{бпла}}$. Соответственно рост высоты полета приводит к увеличению информационной интенсивности ДВИР, формируемого на борту БПЛА. С другой стороны увеличение скорости полета БПЛА накладывает определенные ограничения на рост интенсивности ДВИР, а следовательно, создается угроза потери целостности ДВИР из-за несоответствия реальной и требуемой разрешающих способностей аэрофотоснимков.

5. Использование всенаправленного сигнала из-за слабости источников питания и малых размеров антенн невозможно. Поэтому требуются направленные наземные антенны, чтобы сопровождать аппарат по линии визирования. Но для городских условий, условий плохой видимости, горной местности существуют ограничения по прямой видимости.

Использование спутниковых группировок и систем связи сотовой архитектуры. Данные подходы являются дорогостоящими, а потому их практическое использование ограничено. Это приводит к ограниченному времени t_{cc} сеанса связи между БПЛА и получателем информации. В условиях ограниченной видимости такая особенность может дополнительно сократить доступное время на доставку данных с борта БПЛА. Такая ситуация в условиях роста информационной интенсивности ДВИР создает угрозу потери доступности и целостности ДВИР.

6. Особенности относительно погодного режима, а именно ограниченное время полета, вызванное повышенной плотностью осадков, и температурного режима (выполнение задания должно осуществляться при температуре от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$).

Оценка составляющей доступности ДВИР, а именно времени $t_{\text{ди}}$ на обработку и ее передачу по радиоканалам, в зависимости от скорости $U_{\text{п}}$ передачи по каналу связи и требований по разрешающей способности d_0 , представлены в табл. 2.3. Анализ данных в табл. 2.3 позволяет заключить, что: время передачи одного кадра видового изображения с борта БПЛА в зависимости от размера разрешающей способности и скорости передачи данных по радиоканалу находится в пределах от 0,03 секунды до 740 секунд или порядка 10 минут.

Таблица 2.3.

Зависимость $t_{\text{ди}}$ от $U_{\text{п}}$ и $L_{\text{стр}} \times L_{\text{стб}}$ видовых изображений на борту БПЛА

Скорость передачи по КС	Объем V видеоданных одного кадра, Мбит						
	2	4,21	6	9,09	12,62	75	94
256 Кбит/с	8 с	16,84 с	24 с	36,36 с	50,48 с	270с	370с
512 Кбит/с	16 с	33 с	48 с	73 с	101 с	540 с	740 с
16 Мбит/с (перспектива)	0,13 с	0,27 с	0,38 с	0,57 с	0,79 с	4,8с	6,2с

Временные задержки резко увеличиваются в случае обеспечения подвижного режима видеотрансляции. Так, например, для частоты кадров 10 – 15 кадров/с время задержки будут превышать требуемый уровень в 10 – 30 раз в зависимости от размеров кадров и скорости передачи по каналу связи. С ростом размеров ПЗС-матрицы до порядка 2000×1000 элементов цифровой объем ДВИР и время его передачи увеличатся дополнительно в среднем в 3,5 раза. Время передачи одного видеокadra размерами 5120×5120 и

9420x9420 элементов достигает 40 минут и 2,26 часов соответственно при скоростях передачи 256 Кбит/с и 37,5 секунды и 2,12 минуты соответственно при скорости передачи 16 Мбит/с. Если время сеанса связи ограничено уровнем 30 минут по причине нахождения БПЛА в зоне невидимости или ограниченного энергетического ресурса, то потери составят до 70% от всего объема видеoinформации.

Отсюда, можно утверждать, что происходит нарушение категории доступности и целостности ДВИР, как результат наличия существенных задержек относительно требуемого времени доставки, так и ограниченного сеанса связи.

Таким образом, для *системы обеспечения информационной безопасности ДВИР* аэромониторинга с использованием ДПЛА в условиях повышения эффективности информационного обеспечения систем управления КС, существует *противоречие*, формируемое тем, что (рис. 2.1):

1) с одной стороны повышение целостности ДВИР в условиях снижения угроз потери источника информации, связано с ростом информационной интенсивности видеокадров;

2) с другой стороны в условиях наличия комплекса уязвимостей, обусловленных, особенностями аэромониторинга с использованием БПЛА, наличием антропогенных угроз и угроз безопасности информации, вызванных противоборством сторон, для повышения доступности ДВИР требуется снижать его информационную интенсивность.

В основе данного противоречия лежит дисбаланс между требованиями по обеспечению доступности и целостности ДВИР в условиях снижения угроз потери источника ДВИР с учетом наличия комплекса уязвимостей, антропогенных угроз, и угроз вызванных наличием противоборства сторон. Ядром такого дисбаланса является резкий рост информационной интенсивности ДВИР до критического уровня.

Критический уровень интенсивности видеопотока это такой уровень информационной интенсивности ДВИР, для которого существующие воз-



Рис. 2.1. Структурная схема выявления противоречия в системе обеспечения информационной безопасности с использованием беспилотных комплексов аэромониторинга

возможности бортовых комплексов АЭРМ по обработке и передачи данных оказываются не способными относительно обеспечения требуемого уровня информационной безопасности и эффективности информационного обеспечения систем управления КС.

Значит, для повышения информационной безопасности аэромониторинга кризисных ситуаций необходимо обеспечить своевременную доставку ДВИР с заданной информационной интенсивностью без потери его целостности в условиях наличия уязвимостей, обусловленных особенностями использования беспилотных бортовых комплексов как источников информации.

Формализовано это можно представить следующим образом.

Требуется обеспечить соответствие между реальным временем $t(V; U_{\text{обр}}; U_{\text{рк}}; U_{\text{пб}}; H_{\text{пб}}; \Omega_a)_{\text{ди}}$ доставки ДВИР с заданной информационной интенсивностью $V^{(\text{тр})}$ и минимальным временем $\min\{t_{\text{тр}}; t_{\text{МК}}; t_{\text{СС}}; t_{\text{М}}\}$ из системы ограничений, т.е.

$$\begin{aligned} & t(V; U_{\text{обр}}; U_{\text{рк}}; U_{\text{пб}}; H_{\text{пб}}; \Omega_a)_{\text{ди}} = \\ & = t(V)_{\text{фсн}} + t(V)_{\text{фш}} + t(V)_{\text{обрт}} + t(V)_{\text{п}} + t(V)_{\text{онп}} \leq \min\{t_{\text{тр}}; t_{\text{МК}}; t_{\text{СС}}; t_{\text{М}}\}; \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\begin{cases} V \geq V^{(\text{тр})}; \\ d \leq d_0 \end{cases} \quad (2.2)$$

в условиях обеспечения требуемого уровня целостности

$$P_{\text{ц}} = F_{\text{ц}}(\sigma_{\text{пф}}; \sigma_{\text{обр}}; \sigma_{\text{п}}; \sigma_{\text{аз}}; \sigma_{\text{рс}}) \geq P_{\text{цтр}} \quad (2.3)$$

для заданного комплекса характеристик аэромониторинга

$$P_{\text{д}} \geq P_{\text{дтр}}, \quad (2.4)$$

и снижения последствий нарушения безопасности информационных ресурсов, т.е.

$$\Psi_{уб} : \{ \Psi_{иу} ; \{ \Psi_{уир/фс} ; \Psi_{уир/ис} ; \Psi_{уир/топ} ; \Psi_{уир/уэ} \} \} \rightarrow \Psi_{ущ} \rightarrow \min. \quad (2.5)$$

Здесь $V^{(тр)}$ - требуемая информационная интенсивность ДВИР, определяемая исходя из условий снижения угрозы потери источника ДВИР и обеспечения необходимого уровня его целостности.

Минимальное время $\min\{t_{тр}; t_{МК}; t_{СС}; t_M\}$ из системы ограничений определяется следующими факторами:

- 1) своевременной доставки видеок кадров с заданной разрешающей способностью, т.е. время $t_{тр}$;
- 2) возможность доставки данных в за допустимое время t_M , задаваемое с учетом энергетических ограничений бортовой аппаратуры;
- 3) возможность доставки данных в за допустимое время $t_{МК}$, задаваемое с учетом ограниченного времени между формированием соседних кадров;
- 4) ограниченного времени $t_{СС}$ сеанса связи между БПЛА и получателем информации.

По изложенному материалу можно заключить, следующее:

- 1) разработку научных основ повышения безопасности ДВИР в системе аэромониторинга кризисных ситуаций необходимо проводить в направлении решения противоречия, в основе которого лежит дисбаланс между требованиями по обеспечению доступности и целостности ДИВР в условиях снижения угроз потери источника ДВИР с учетом наличия комплекса уязвимостей, антропогенных угроз, и угроз вызванных наличием противоборства сторон.

- 2) ядром такого дисбаланса является резкий рост информационной интенсивности ДВИР до критического уровня. Значит, для повышения инфор-

мационной безопасности аэромониторинга кризисных ситуаций необходимо обеспечить своевременную доставку ДВИР с заданной информационной интенсивностью без потери его целостности в условиях наличия уязвимостей, обусловленных особенностями использования беспилотных бортовых комплексов как источников информации.

2.2. Обоснование направления для повышения эффективности системы обеспечения безопасности ДВИР для беспилотных бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций

Рассмотрим направления для повышения информационной безопасности аэромониторинга кризисных ситуаций с учетом необходимости обеспечить своевременную доставку ДВИР с заданной информационной интенсивностью без потери его целостности в условиях наличия уязвимостей, обусловленных особенностями использования беспилотных бортовых комплексов как источников информации [8; 13; 25; 29; 40; 141; 144; 145; 147; 151; 153].

В соответствии с выражениями (2.1) – (2.5) своевременную доставку ДВИР с заданной информационной интенсивностью без потери его целостности можно достичь путем совершенствования следующих составляющих системы информационной безопасности для беспилотных бортовых комплексов аэромониторинга:

1. Путем повышения пропускной способности информационного радиоканала для передачи данных с борта БПЛА на наземный пункт управления. Однако реализации данного направления препятствуют:

- ограниченные энергетические возможности бортовой аппаратуры передачи данных, ограниченные массогабаритные характеристики БПЛА;

- ограниченность возможности использования ретрансляторов аэросегмента системы информационного обеспечения, учитывая условия кризисной

ситуаций;

- ограниченность использования спутниковых ретрансляторов в связи с отсутствием группировки космических аппаратов отечественного производства.

Требуется отметить, что для данного направления не обеспечивается устранение и локализация:

а) уязвимостей, связанных с ограниченным сеансом связи ограниченной производительностью бортового вычислительного комплекса;

б) угроз безопасности ДВИР антропогенного класса.

2. Путем внедрения информационно-вычислительных систем, имеющих высокое быстродействие. Факторами, ограничивающими реализацию данного направления, являются ограниченные массогабаритные характеристики борта, ограниченный энергетический ресурс. Также здесь не обеспечивается локализация и устранения целого комплекса уязвимостей и угроз информационной безопасности.

Важно отметить, что тенденция значительного превышения увеличения уровня информационной интенсивности ДВИР относительно пропускных способностей технологий обработки и передачи данных для бортовых технологий сохраняется даже для перспективных комплексов.

Третье направление заключается в развитии и разработки новых методов обработки ДВИР для снижения его информационной интенсивности с учетом сохранения целостности на основе выделения информативных составляющих на синтаксическом и семантическом уровнях.

Зависимость эффективности обеспечения безопасности ДВИР на этапах формирования и обработки в системе аэромониторинга от эффективности методов и технологий выделения информативности синтаксической и семантической составляющих аэрофотоснимков в условиях наличия уязвимостей, обусловленных особенностями использования беспилотных бортовых комплексов как источников информации, представлена на рис. 2.2 в виде структурной схемы. Соответственно схема зависимости повышения уровня

информационной безопасности от эффективности методов выделения и представления информационных составляющих ДВИР приводится на рис. 2.3.

Повышение эффективности выделения информативных составляющих на синтаксическом и семантическом уровнях представления аэрофотоснимков позволяет повысить доступность и целостность ДВИР на следующих уровнях:

1. С позиции процессов формирования ДВИР в системе АЭРМ за счет обеспечения возможности для повышения разрешающей способности аэрофотоснимка, достигается:

- повышение высоты проведения аэрофотосъемки без снижения детальности снимков, т.е. снижается угроза потери источника ДВИР;
- снижение искажений, возникающих из-за несоответствия фокусного расстояния и выбора чрезмерно высокой кратности оптического зума;
- условия для обеспечения требуемой разрешающей способности для более мелких объектов на местности, т.е. повышается целостность ДВИР;
- условия для реализации режима динамического изменения параметров аэрофотосъемки (разрешающая способность, частота кадров) со стороны субъектов в процессе аэромониторинга и управления полетом БПЛА.

2. С позиции технологий коррекции искажений обеспечивается следующее:

- сокращаются суммарные задержки (потери доступности) на проведение фильтрации и компрессионную обработку ДВИР. Такое преимущество обеспечивается за счет проведения фильтрации на этапе выделения информативных составляющих снимка и его компрессионной обработки;
- достигаются условия для внесения меньшего количества искажений (снижаются потери целостности ДВИР). Это обеспечивается за счет сокращения искажений на этапе формирования снимка; за счет повышения детальности описания более мелких объектов, которые раньше сопоставлялись с шумовыми эффектами; Это реализуется за счет более эффективного выделения объектов на фоне ландшафта местности.



Рис. 2.2. Структурно-функциональная схема процесса влияния методов выделения и представления информативных составляющих в системе обеспечения информационной безопасности ДВИР для АЭРМ КС



Рис. 2.3. Схема зависимости повышения уровня информационной безопасности от эффективности методов выделения и представления информационных составляющих ДВИР

3. С позиции технологий коррекции ошибок в радиоканале передачи информации предоставляются условия для:

- повышения эффективности помехоустойчивого кодирования, что достигается за счет обеспечения возможности для внесения дополнительного количества избыточности;

- формирования механизмов обеспечивающих обнаружение ошибок и их самокоррекцию на этапе выделения информативных составляющих снимка. Это является результатом использования специальных кодовых конструкций и преобразований для ДВИР.

4. С позиции технологий передачи данных по радиоканалу обеспечиваются условия для:

- повышения информационной пропускной способности радиоканала как рост количества информации, передаваемой в единицу времени. Это является результатом снижения битовой скорости сопоставляемой для ДВИР;

- расширения информационной полосы пропускания радиоканала за счет повышения передачи информационных посылок в заданной полосе пропускания;

- увеличения информационного сеанса связи за счет возможности уплотнить дополнительное количество информации во времени, т.е. передавать больше количества информации за единицу времени.

5. С позиции процессов управления ДПЛА и режимами формирования ДВИР создаются условия для:

- обеспечения дополнительного люфта (запаса) выбранного режима управления для исключения потерь целостности и доступности. Это достигается за счет образования запаса по детальности снимка; за счет повышения уровня совместимости одновременной во времени передачи статического и динамического ДВИР, т.е. информационный ресурс для управления и информационный ресурс для передачи аэрофотоснимков;

- сокращения количества заходов борта на объекты аэромониторинга;

- повышения качества управления ДПЛА. Это обеспечивается за счет роста целостности и доступности ДВИР для управления; снижения количества вынужденных маневров ДПЛА для получения снимков требуемой детальности.

Разработка отечественных эффективных методов обработки видеoinформации на борту ДПЛА позволяет заменить зарубежные технологии. Это обеспечивает сокращение угроз, обусловленных программными и аппаратными закладками в бортовой аппаратуре, наличием вирусных программ.

В связи с чем, для повышения эффективности системы обеспечения безопасности ДВИР для беспилотных бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций, *предлагается* разрабатывать **научные основы обработки ДИВР с выделением информативности синтаксической и семантической составляющих и эффективного их двоичного представления.**

Для построения научных основ обработки ДВИР с информативности синтаксической и семантической составляющих наиболее обосновано использовать теоретические положения и методы цифровой обработки изображений и кодирования информации [8 – 13; 99; 101; 123; 133; 136; 160; 212; 231].

С позиции снижения информационной интенсивности статического ДВИР, повышение информационной плотности их эффективного синтаксического описания существуют стандартизированные и альтернативные подходы и технологии.

На современном этапе своего развития такие технологии являются комплексными по составу этапов технологической обработки. Здесь под комплексностью подразумевается следующее:

- 1) использование для обработки видеок кадров множества подходов для выявления закономерностей различных типов. В основном такие подходы касаются выявления статистических и психовизуальных закономерностей;
- 2) использование различных методов цифровой обработки изображений, а именно:

- методы трансформирования сегментов видеокadra для переконцентрации энергии исходного сигнала;
- методы аппроксимации видеопоследовательностей набором функциональных зависимостей для упрощения дальнейшей обработки;
- методы морфологической обработки видеокadров для повышения качества снимков, устранения шумовых эффектов, получения двоичного образа, выделения границ объектов;
- методы распознавания образов для идентификации объектов поиска;

3) использование различных (как правило, в последовательной схеме реализации) технологий кодирования для формирования эффективного синтаксического описания видеокadров с учетом различных принципов их реализации

Формирование составляющих технологии обработки зависит от условий ее применения и особенностей информационных ресурсов, поступающих на обработку.

Особенностями обработки аэрофотоснимков в системе аэромониторинга кризисных ситуаций с использованием беспилотных бортовых комплексов являются:

1. Различное целевое использование аэрофотоснимков, включая управление БПЛА, наведения на объект мониторинга, изъятие информации для анализа в процессе дешифрирования снимка.

2. Использование для анализа информации видеокadra различных технологий и заложенных в них принципов относительно анализа информации аэрофотоснимка, а именно: непосредственно визуальной системы оператора (с наличием субъектной составляющей в принятии решения); автоматические информационные технологии анализа снимка (машинная обработка в процессе принятия решения); автоматизированные технологии (комбинированный подход относительно анализа снимка).

3. Получение информации об объектах мониторинга осуществляется дистанционно, т.е. объекты интереса находятся на значительном расстоянии от пункта их обработки и анализа.

4. Наличие ситуаций отсутствия априорной информации об объектах мониторинга кризисных ситуаций.

5. Наличие комплекса уязвимостей для системы обеспечения безопасности ДВИР на базе беспилотных бортовых комплексов и комплекса угроз потери безопасности информации.

6. Сложная структура аэрофотоснимка по таким аспектам как:

1) наличие шумовой составляющей с априорно неизвестной моделью помех. Возможны следующие типы искажений в процессе формирования аэрофотоснимков (статический дистанционный видеоинформационные ресурсы):

а) искажения связанные с плохим визуальным восприятием изображений (*фотографические искажения*):

- нарушение баланса белого цветного изображения;

- нарушение контраста изображений (недостаточная или избыточная освещенность по кадру изображения);

- нарушение четкости изображения (смазанность, дефокусировка);

б) искажения, связанные с превышением допустимых пределов внешнего ориентирования аэрофотоснимков (*геометрические искажения*):

- превышение допустимых отклонений оптической оси аэрофотоснимков от среднего значения по маршруту;

- повышение допустимой разницы масштабов смежных аэрофотоснимков.

в) наличие условий, не удовлетворяющих требованиям технологии по степени перекрытия смежных аэрофотоснимков (*ошибки пилотирования*);

2) наличие смешанных областей, как в структуре ландшафта, так и для объектов интереса;

3) наличие высокой концентрации объектов с ограниченными размерами на местности;

4) наличие объектов интереса, как на фоне реалистического ландшафта, так и на искусственном фоне;

5) маскирование объектов интереса под ландшафт местности (как искусственное со стороны противоборствующей стороны или злоумышленника, так и реалистическое, т.е. без специального вмешательства субъектов мониторинга;

6) наличие теневых эффектов на видеокадре в случае нарушения параметров съемки.

Значимыми проблемными ограничениями, накладываемыми на процесс обработки аэрофотоснимков на борту БПЛА, являются следующие.

Первое. Аэрофотоснимки как статический дистанционный видеоинформационный ресурс являются видеоизображениями, имеющими сложную семантическую и ландшафтную структуру с высоким насыщением мелких объектов с различной степенью естественной и искусственной маскировкой.

В этом случае при разработке технологий обработки ДВИР необходимо учитывать такие особенности:

- ограниченная возможность выявления статистических зависимостей, т.е. низкое количество статистической избыточности, обусловленной наличием вероятностно-статистических и корреляционных закономерностей в изображениях;

- ограниченное количество линейной структурной избыточности, обусловленной наличием областей одного цвета и яркости, наличием объектов больших линейных размеров с правильной формой описания;

- ограниченная возможность использования технологий сегментирования с заранее заданными размерами, в том числе технологий равномерного сегментирования;

- необходимо учитывать неравномерное распределение семантической нагрузки по видеокадру.

Второе. Наличие ограничений на производительность бортовой аппаратуры обработки и передачи данных. В свою очередь это выдвигает относительно разработки технологий обработки ДВИР такие требования:

- ограниченная возможность использования сложных в вычислительном плане алгоритмов реализации технологий обработки видеокадров;
- необходимость повышения информационной плотности синтаксического описания ДВИР.

Третье. Одно из целевых назначений аэрофотосъемки это использование в последствие дешифрирования снимков. Данный аспект целевого назначения аэрофотоснимков диктует следующие требования относительно технологий обработки ДВИР на бортовых комплексах:

- минимизация потерь целостности видеоинформационных ресурсов. В первую очередь требуется обеспечить сохранение целостности информации о дешифровочных признаках, а именно контурной информации и яркостных составляющих объектов мониторинга. Выдвигается дополнительное ограничение на характер и степень вносимых искажений в процессе компрессии. Под характером вносимых погрешностей понимаются свойства контролируемости или безвозвратности потери качества восстановленных изображений.
- своевременность обработки видеокадров.

Рассмотрим соответствие существующих методов и концепций относительно обеспечения требований эффективной обработки ДВИР для повышения их безопасности.

2.3. Разработка концепции компромиссов для создания научных основ повышения безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса

Современные технологии обработки видеокадров строятся на основе комплексного принципа относительно выявления информативных синтакси-

ческих составляющих видеокадров, что осуществляется на основе учета различных типов закономерностей с последующим устранением избыточности.

Процессы сокращения избыточности для каждой технологии обработки ДВИР имеют свои особенности, влияющие на обеспечение категорий информационной безопасности (доступности, целостности). В связи с этим *предлагается* провести анализ проблемных аспектов для методов обработки, направленных на снижение информационной интенсивности ДВИР, для повышения информационной безопасности (рис. 2.4 и 2.5).

Первый проблемный аспект относится к вопросу повышения информационной плотности синтаксического описания видеокадра на основе выявления его информативных составляющих. Здесь важно учитывать неравномерность распределения семантической нагрузки в кадре и сохранение целостности информации. Для обеспечения данного аспекта на основе существующих методов обработки ДВИР существует следующее противоречие.

С одной стороны стандартные и альтернативные методы, использующие платформы JPEG и JPEG2000, обладают свойством повышения информационной плотности кодового представления до определенного уровня. Для таких подходов выявление информативных признаков на синтаксическом уровне описания осуществляется в большей мере путем учета психовизуальных закономерностей. Соответственно информативными составляющими являются низкочастотные составляющие в спектральном (Фурье-анализ) и в спектрально-временном (кратномасштабный анализ) пространствах. При этом данная концепция не учитывает неравномерность распределения семантической нагрузки в кадре. Обработка видеокадра осуществляется равномерными порциями без учета семантического содержания. Но такой процесс сопровождается:

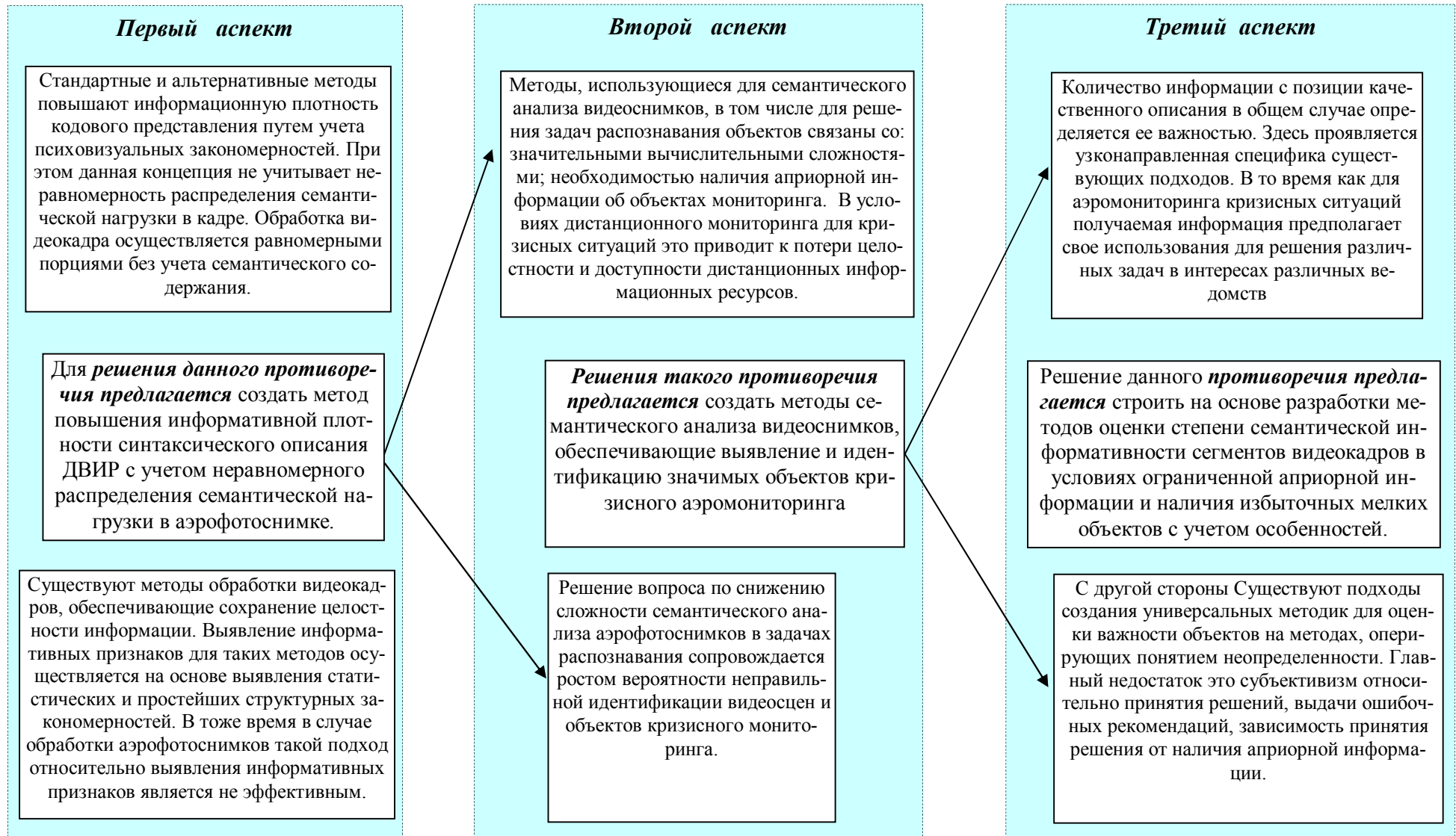


Рис. 2.4. Структурная схема формирования проблемных аспектов противоречия для создания научных основ обработки ДВИР с выявлением информативных семантических составляющих

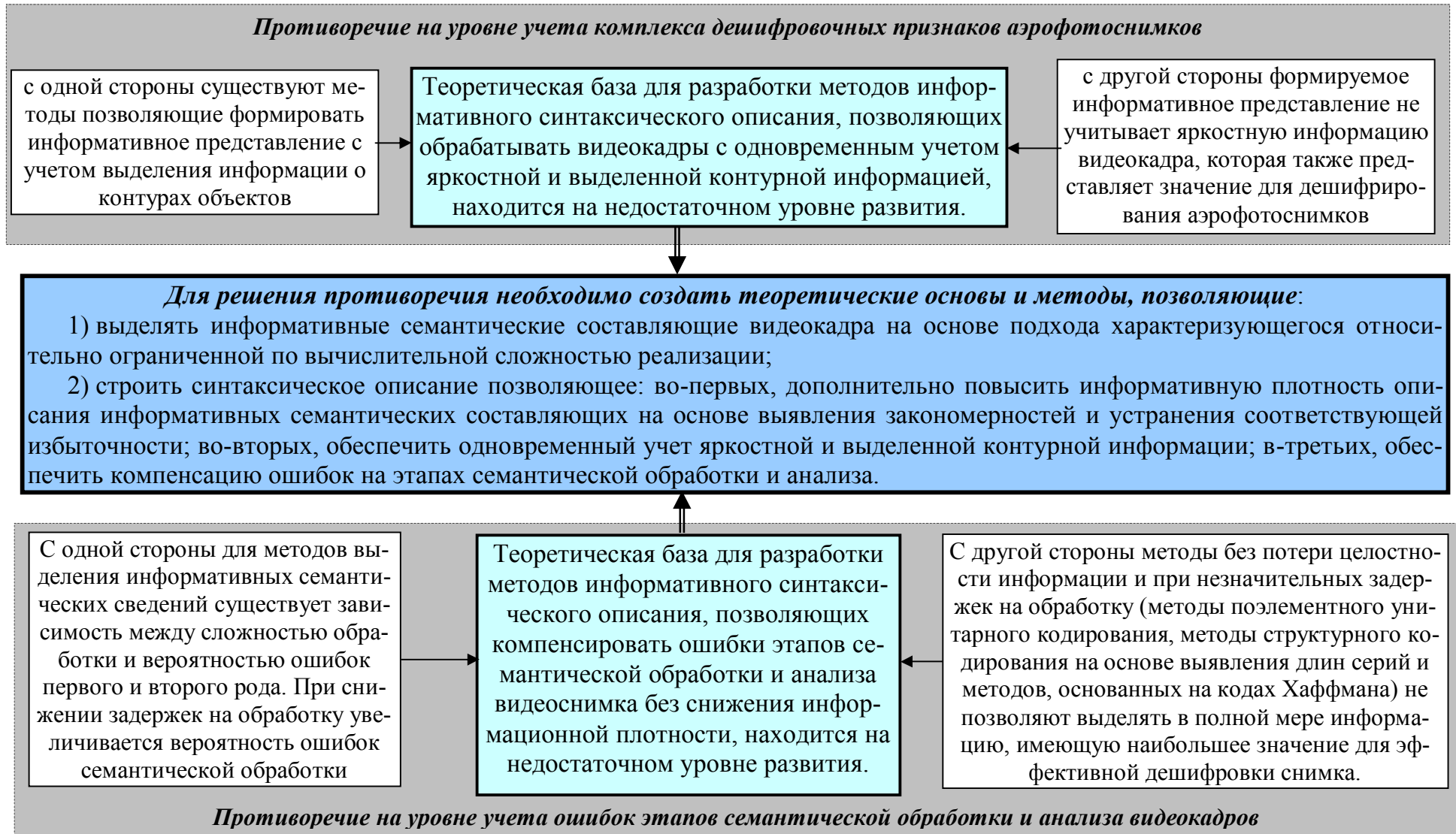


Рис. 2.5. Структурная схема формирования проблемных аспектов противоречия для создания научных основ обработки ДВИР с выявлением информативных синтаксических составляющих

- внесением равномерных искажений по всему кадру без учета семантики сегментов, что ведет к значительной потере целостности на синтаксическом и семантическом уровнях;

- не обеспечивается выделение информативных признаков на фоновых областях, на фоне ландшафта местности;

- отсутствует мера сокращения психовизуальной избыточности. Фактически такой процесс соответствует снижению разрешающей способности снимка, потери информации о мелких объектах, как результат безвозвратной потери информации о высокочастотных составляющих;

- методы предобработки видеоснимка для выявления низкочастотных составляющих не обеспечивают эффективную обработку одновременно для текстурных областей и областей плавного изменения яркости. В результате об этих областях информация теряется при выборе одного из методов трансформирования.

Это является причиной снижения разрешающей способности, нарушения условия обеспечения характерной детальности объектов мониторинга, потери информации об объектах мониторинга, и как следствие происходят потери семантической и синтаксической целостности ДВИР [8; 9].

С другой стороны существуют методы обработки видеокадров, обеспечивающие сохранение целостности информации. Выявление информативных признаков для таких методов осуществляется на основе выявления статистических и простейших структурных закономерностей. Здесь используются такие комплексные методы, как: методы семейства LZ, методы статистического и арифметического кодирования, комплексные методы платформ GIF, TIFF. В тоже время в случае обработки аэрофотоснимков такой подход относительно выявления информативных признаков является не эффективным. Вследствие чего, снижается информативность синтаксического описания видеокадра, что приводит к потере доступности ДВИР.

Для *решения данного противоречия предлагается* создать метод повышения информативной плотности синтаксического описания ДВИР с уче-

том неравномерного распределения семантической нагрузки в аэрофотоснимке.

В качестве *компромисса* для решения такого противоречия предлагается заменить обработку, в основе которой лежит принцип обеспечения «доступ к объему данных» и «целостность данных» на обработку соответствующую принципу обеспечения «доступа к информации», и в первую очередь к наиболее важной информации и «семантическая целостность».

Для обеспечения компромисса необходимо разработать *наукоемкие и технологические основы* для учета семантического содержания, оценки наличия объектов интереса с использованием синтаксического представления видеокладов. Это позволит учитывать неравномерность распределения семантической нагрузки для аэрофотоснимка и сохранить целостность ДВИР.

Второй проблемный аспект относится к вопросам семантического анализа видеоснимков. Фактически семантический анализ видеоснимков базируется на технологиях распознавания образов. В связи с чем, здесь существует следующее противоречие.

С одной стороны методы, использующиеся для семантического анализа видеоснимков, в том числе для решения задач распознавания объектов связаны со: значительными вычислительными сложностями; необходимостью наличия априорной информации об объектах мониторинга. В тоже время здесь характерны такие условия: априорная недостаточность; наличие избыточного количества мелких объектов, в том числе имеющих второстепенное значение; наличие количества объектов, детализация которых не соответствует требованиям относительно их опознавания и идентификации; наличие высокой динамики смены обстановки для кризисных ситуаций. Отсюда происходит резкое повышение временных задержек на обработку, рост объемов таблиц неприводимых объектов, повышение вероятности ошибок первого и второго рода в процессе поиска и распознавания объектов. В условиях дистанционного мониторинга для кризисных ситуаций это является неприемлемым. Это приводит к потере целостности и доступности дистанционных информа-

ционных ресурсов.

С другой стороны решение вопроса по снижению сложности семантического анализа аэрофотоснимков в задачах распознавания сопровождается ростом вероятности неправильной идентификации видеосцен и объектов кризисного мониторинга.

Для решения такого противоречия предлагается создать методы семантического анализа видеоснимков, обеспечивающие выявление и идентификацию значимых объектов кризисного аэромониторинга.

Компромиссное решение для такого противоречия предлагается строить с учетом перехода от принципа семантического анализа, состоящего в «идентификации объектов видеокadra» к анализу, в основу которого положить принцип «идентификации семантической информативности сегментов видеокadra»

Реализация данного компромисса заключается в создании теоретической базы и методов интеллектуальной идентификации сегментов видеосцен по степени семантической информативности, т.е. решение сводится к распознаванию не самих объектов, а оценки их присутствия на видеоснимке.

Третий проблемный аспект образуется вопросами относительно теоретической базы для оценки степени семантической информативности сегментов аэрофотоснимков. Фактически оценка семантической информативности сводится к определению количества информации с позиции ее семантического содержания в сегменте. В тоже время универсальная теоретическая база и метрики для такой оценки отсутствуют. Для существующих подходов присуще следующее противоречие:

С одной стороны количество информации с позиции качественного описания в общем случае определяется важностью информации. Поэтому одно из направлений заключается в сужении области интереса, для которого упрощается возможность оценки важности объектов. Здесь проявляется узконаправленная специфика существующих подходов. В то время как для аэромониторинга кризисных ситуаций получаемая информация предполагает

свое использования для решения различных задач в интересах различных ведомств

С другой стороны существуют подходы создания универсальных методик для оценки важности объектов. Такие подходы базируются на методах, оперирующих понятием неопределенности. Базисным пунктом для таких подходов являются оценки экспертов. Это определяет главный недостаток, а именно субъективизм относительно принятия решений, выдачи ошибочных рекомендаций, зависимость принятия решения от наличия априорной информации. Понятно, что такой подход имеет ограничения для использования в системах анализа и обработки ДВИР в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций.

Решение данного *противоречия предлагается* строить на основе разработки методов оценки степени семантической информативности сегментов видеокadres в условиях ограниченной априорной информации и наличия избыточных мелких объектов с учетом особенностей дешифрирования аэрофотоснимков как ЛПР, так и автоматическим способом.

Для такого *противоречия компромиссное решение* предлагается формировать на основе оценки количества семантической информации в сегменте не точными математическими методами, а используя косвенный подход, который базируется на оценке степени семантической информативности сегмента на основе выявления структурных закономерностей и соответствующей оценки количества информативности в промежуточном информативном представлении видеокadra.

Решение такого компромисса достигается путем разработки теоретической базы и методов косвенной оценки степени семантической информативности на основе выявления структурных закономерностей и соответствующей оценки количества информативности в промежуточном информативном представлении видеокadra с учетом выявления информации о дешифровочных признаках.

Четвертый проблемный аспект проявляется в процессе эффективно-

го синтаксического описания информативных семантических составляющих видеокadra. Здесь требуется обеспечить: эффективное синтаксическое описание информативных семантических составляющих видеокadra для дополнительного повышения доступности; обеспечить компенсацию ошибок на этапах семантической обработки видеоснимка для повышения целостности информации. При этом существует следующее противоречие.

На уровне учета комплекса дешифровочных признаков аэрофотоснимков:

- с одной стороны существуют методы позволяющие формировать информативное представление с учетом выделения информации о контурах объектов;

- с другой стороны формируемое информативное представление не учитывает яркостную информацию видеокadra, которая также представляет значение для дешифрирования аэрофотоснимков;

Соответственно теоретическая база для разработки методов информативного синтаксического описания, позволяющих обрабатывать видеокadры с одновременным учетом яркостной и выделенной контурной информацией, находится на недостаточном уровне развития.

На уровне учета ошибок этапов семантической обработки и анализа видеокadров:

- С одной стороны для методов выделения информативных семантических сведений существует зависимость между сложностью обработки и вероятностью ошибок первого и второго рода. При снижении задержек на обработку увеличивается вероятность ошибок семантической обработки.

- С другой стороны методы без потери целостности информации и при незначительных задержках на обработку (методы поэлементного унитарного кодирования, методы структурного кодирования на основе выявления длин серий и методов, основанных на кодах Хаффмана) не позволяют выделять в полной мере информацию, имеющую наибольшее значение для эффективной дешифровки снимка.

Соответственно теоретическая база для разработки методов информативного синтаксического описания, позволяющих компенсировать ошибки этапов семантической обработки и анализа видеоснимка без снижения информационной плотности, находится на недостаточном уровне развития.

Поэтому для решения противоречия необходимо создать теоретические основы и методы, позволяющие:

1) выделять информативные семантические составляющие видеокадра на основе подхода характеризующегося относительно ограниченной по вычислительной сложностью реализации;

2) строить синтаксическое описание позволяющее: во-первых, дополнительно повысить информативную плотность описания информативных семантических составляющих на основе выявления закономерностей и устранения соответствующей избыточности; во-вторых, обеспечить одновременный учет яркостной и выделенной контурной информации; в-третьих, обеспечить компенсацию ошибок на этапах семантической обработки и анализа

Значит, системный подход для решения сформулированного противоречия на четырех аспектах заключается в создании теоретической базы и методов для построения эффективного синтаксического описания контекстного содержания видеокадров с использованием интеллектуализации процесса идентификации видеосцен и объектов кризисного аэромониторинга по степени информативности их семантического содержания (рис. 2.6).

В этом случае часть этапов и функций обработки и анализа аэрофотоснимка, которые осуществлялись на наземном пункте управления перераспределяются (переносятся) на борт беспилотного комплекса аэромониторинга.

Таким образом, требуется разработать теоретические основы и методы интеллектуальной обработки видеокадров на синтаксическом уровне с учетом автоматической идентификации ключевой семантической информации.

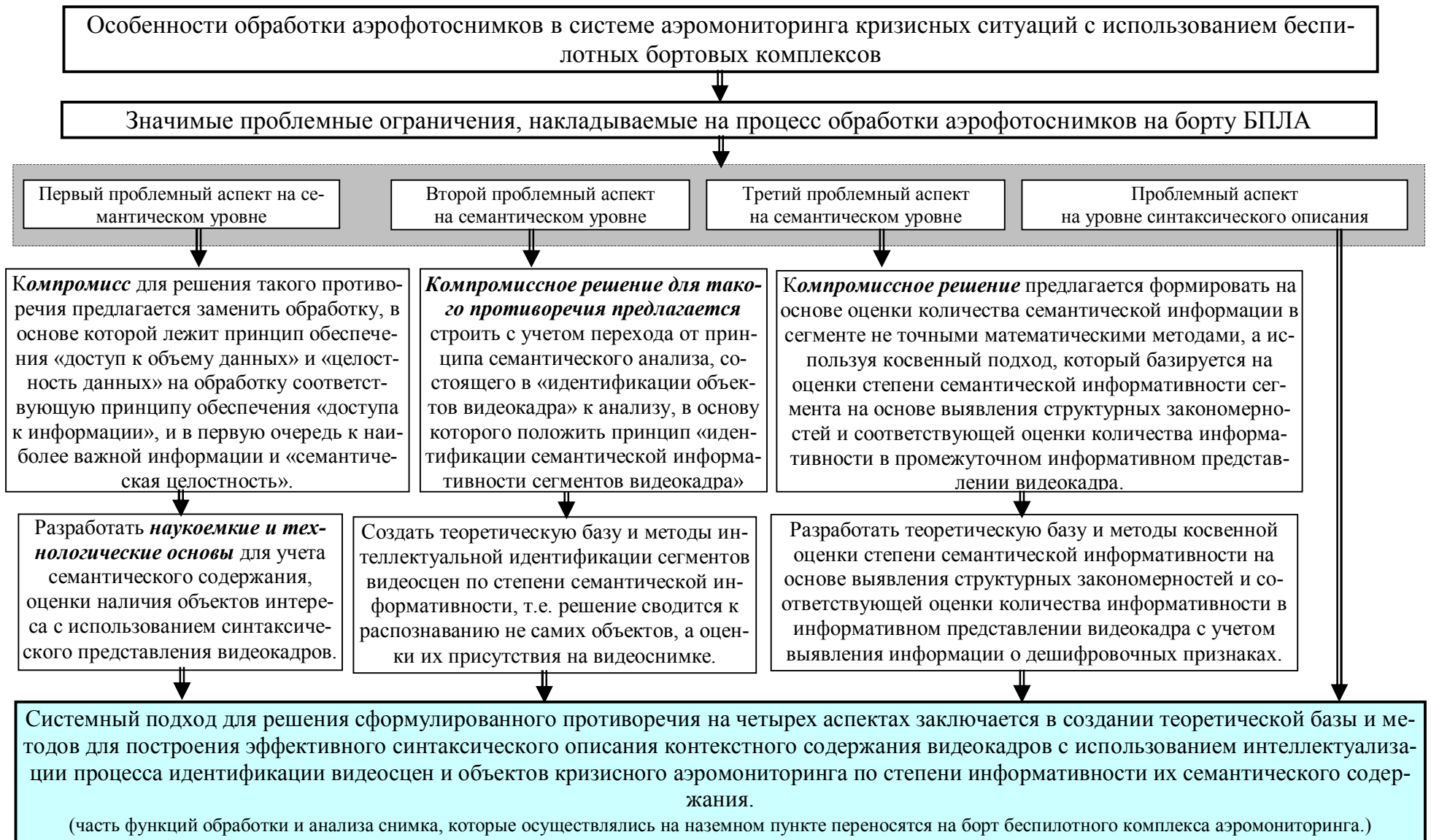


Рис. 2.6. Структурная схема обоснование направления для создания научных основ обработки ДВИР с выявлением информативных составляющих на семантическом и синтаксическом уровнях описания

Выводы

1. Обосновано, что разработку научных основ повышения безопасности ДВИР в системе аэромониторинга кризисных ситуаций необходимо проводить в направлении решения противоречия, в основе которого лежит дисбаланс между требованиями по обеспечению доступности и целостности ДИВР в условиях снижения угроз потери источника ДВИР с учетом наличия комплекса уязвимостей, антропогенных угроз, и угроз вызванных наличием противоборства сторон.

2. Доказано, что ядром такого дисбаланса является резкий рост информационной интенсивности ДВИР до критического уровня. Значит, для повышения информационной безопасности аэромониторинга кризисных ситуаций необходимо обеспечить своевременную доставку ДВИР с заданной информационной интенсивностью без потери его целостности в условиях наличия уязвимостей, обусловленных особенностями использования беспилотных бортовых комплексов как источников информации.

3. Обосновано, что для повышения эффективности системы обеспечения безопасности ДВИР для беспилотных бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций, *предлагается* разрабатывать *научные основы обработки ДИВР с выделением информативности синтаксической и семантической составляющих и эффективного их двоичного представления*.

4. Выявлено, что значимыми проблемными ограничениями, накладываемыми на процесс обработки аэрофотоснимков на борту БПЛА, являются:

Первое. Аэрофотоснимки как статический дистанционный видеoinформационный ресурс являются видеоизображениями, имеющими сложную семантическую и ландшафтную структуру с высоким насыщением мелких объектов с различной степенью естественной и искусственной маскировкой.

Второе. Наличие ограничений на производительность бортовой аппаратуры обработки и передачи данных.

Третье. Одно из целевых назначений аэрофотосъемки это использование в последствие дешифрирования снимков.

5. Проведенный анализ проблемных аспектов для методов обработки, направленных на снижение информационной интенсивности ДВИР, для повышения информационной безопасности, выявил:

Первый проблемный аспект относится к вопросу повышения информационной плотности синтаксического описания видеокadra на основе выявления его информативных составляющих. Здесь важно учитывать неравномерность распределения семантической нагрузки в кадре и сохранение целостности информации.

В качестве **компромисса** для решения такого противоречия предлагается заменить обработку, в основе которой лежит принцип обеспечения «доступ к объему данных» и «целостность данных» на обработку соответствующую принципу обеспечения «доступа к информации», и в первую очередь к наиболее важной информации и «семантическая целостность».

Второй проблемный аспект относится к вопросам семантического анализа видеоснимков.

Компромиссное решение для такого противоречия предлагается строить с учетом перехода от принципа семантического анализа, состоящего в «идентификации объектов видеокadra» к анализу, в основу которого положить принцип «идентификации семантической информативности сегментов видеокadra»

Третий проблемный аспект образуется вопросами относительно теоретической базы для оценки степени семантической информативности сегментов аэрофотоснимков. Фактически оценка семантической информативности сводится к определению количества информации с позиции ее семантического содержания в сегменте. В тоже время универсальная теоретическая база и метрики для такой оценки отсутствуют.

Для такого **противоречия компромиссное решение** предлагается формировать на основе оценки количества семантической информации в сегмен-

те не точными математическими методами, а используя косвенный подход, который базируется на оценки степени семантической информативности сегмента на основе выявления структурных закономерностей и соответствующей оценки количества информативности в промежуточном информативном представлении видеокадра.

Четвертый проблемный аспект проявляется в процессе эффективного синтаксического описания информативных семантических составляющих видеокадра. Здесь требуется обеспечить: эффективное синтаксическое описание информативных семантических составляющих видеокадра для дополнительного повышения доступности; обеспечить компенсацию ошибок на этапах семантической обработки видеоснимка для повышения целостности информации.

При этом существует следующее противоречие на уровне учета комплекса дешифровочных признаков аэрофотоснимков и на уровне учета ошибок этапов семантической обработки и анализа видеокадров.

Обосновано, что системный подход для решения сформулированного противоречия на четырех аспектах заключается в создании теоретической базы и методов для построения эффективного синтаксического описания контекстного содержания видеокадров с использованием интеллектуализации процесса идентификации видеосцен и объектов кризисного аэромониторинга по степени информативности их семантического содержания.

Основные научно-прикладные результаты второго раздела опубликованы в следующих научных трудах [8; 22; 25; 29; 36; 38; 39; 41; 137; 141; 144; 145; 147; 151; 152; 153; 190; 191].

РАЗДЕЛ 3

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ
ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ
ИДЕНТИФИКАЦИИ СТЕПЕНИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ИХ
СЕМАНТИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ**

Разрабатываются теоретические основы и концептуальный метод интеллектуальной обработки видеоинформационных ресурсов для оценки степени информативности семантического содержания видеоснимка, направленной на сохранение контурной информации.

Проводится создание количественной метрики для оценки степени семантической информативности сегментов видеокадра на основе выявления двумерных структурно-комбинаторных закономерностей по соответствующей контурной информации.

Синтезируется метод автоматической идентификации степени информативности семантического содержания видеоинформационного ресурса, содержащий систему решающих правил и метрик относительно классификации сегментов маски по их контурной информации.

Осуществляется экспериментальная оценка методов маскирования на основе количественных показателей качества получения контурной информации

Излагаются этапы создания системы оценки эффективности метода идентификации сегментов маски видеокадра по степени их семантической информативности, учитывающая условия формирования трех классов информативности и требование обеспечения необходимой целостности видеоинформационных ресурсов.

3.1. Разработка концепции метода и технологии интеллектуальной обработки ВИР с идентификацией степени информативности семантического содержания

Разработка и исследование технологий обработки изображений [8; 12; 14; 18; 21; 23; 25; 26; 28; 35; 70; 106; 160; 169] показывает, что основным подходом, применяемым на практике для повышения эффективности обработки, является предварительный анализ и последующая обработка изображений, которая зависит от результата предварительного анализа (фильтрации, повышения резкости, уменьшения шума и т.д.).

Главным недостатком данных технологий является участие в процессе обработке лица принимающего решения или группы экспертов (выбор метода предварительного анализа, промежуточная оценка результатов, выбор последующего способа обработки и т.д.). Это является неприемлемым для практической реализации в системах автоматической обработки видеоинформационного ресурса для бортовых средств.

Для повышения эффективности синтаксического описания семантической оценки ВИР *предлагается* выполнять последовательность этапов дифференцированной обработки сегментов видеоснимков с введением интеллектуального анализа, а именно:

а) обнаружение и локализация семантически значимой информации в видеоизображениях (функциональные преобразования F_M и $F(I)_{pp}$);

б) выполнение сегментного анализа видеоизображений с идентификацией семантической сложности по степени насыщенности контурами (функциональные преобразования $F(I)_{oc}$ и $F(I)_{ci}$);

в) создание адаптивной дифференцированной обработки сегментов видеоизображений с учетом идентификации степени информативности их семантического содержания (функциональные преобразования $F(S)_{огр}$, $F(\Psi^{(r)})$, $F(\Psi^{(r)})_k^{(r)}$ и $F(L)$).

Предлагается для снижения временных затрат использовать однокаскадную схему маскирования с последующим дифференцированным прописыванием и сохранением необходимой контурной информации.

При выборе однокаскадной схемы маскирования предлагается учитывать следующие требования:

1) увеличение количества правильно выделенных контурных элементов (высокий уровень детектирования);

2) повышение степени локализации контуров с одновременной идентификацией степени семантической информативности сегментов изображений по степени насыщенности контурами;

3) обеспечение условий для сохранения необходимой контурной информации с одной стороны и снижение временных затрат на обработку для семантически незначимых сегментов – с другой стороны.

4) обеспечения информацией для управления процессом обработки видеоизображений путем выбора технологической линии и параметров методов преобразования данных.

Данные требования относительно создания метода интеллектуальной обработки ВИР с выделением информативной семантической информацией и последующей дифференцированной обработкой необходимы для повышения доступности и целостности видеоинформационного ресурса систем аэромониторинга кризисных ситуаций.

Также данный метод обработки может интерпретироваться как метод интеллектуальной обработки ВИР на основе адаптивной идентификации сегментов видеоснимка по степени их семантической информативности с последующей дифференцированной обработкой с сохранением ключевой контурной информации.

Метод интеллектуальной обработки ВИР с учетом оценки степени информативности семантического содержания видеоснимка и последующей дифференцированной обработкой, направленной на сохранение контурной информации *предлагается* строить на основе реализации следующих

ключевых концепций [21; 23; 25; 26; 29; 139; 142; 155].

Концепция интеллектуальной обработки ВИР, направленной на идентификацию степени информативности семантического содержания сегментов ВИР. Идентификацию предлагается реализовывать на основе обработки и анализа контурной информации сегментов с использованием системы решающих правил. Сюда входят следующие базовые этапы: семантической обработки видеокadra оцениваемого по его контурной информации, которая образуется по его исходному синтаксическому представлению.

1. Однокаскадное маскирование, направленное на формирование контурной информации $M_{инф}$ по синтаксическому представлению S исходных сегментов. Здесь реализуются такие функциональные преобразования

$$F_M : S \rightarrow M_{cc} ; \quad F(I)_{pp} : M_{cc} \rightarrow M_{инф} ,$$

где $F(I)_{pp}$ - система решающих правил для оценки выделенных маскированных объектов относительно принадлежности информативным $M_{инф}$ или незначимым сегментам.

2. Идентификация степени семантической информативности сегментов видеоснимков. Данный этап *предлагается* реализовывать на основе оценки контурной насыщенности сегментов с использованием структурных количественных метрик. Результатом такой обработки является идентификация сегментов относительно уровня информативности содержащегося в них семантического содержания [148].

Концепция адаптивной дифференцированной обработки идентифицированных сегментов ВИР с учетом степени их семантической информативности с сохранением необходимой контурной информации.

Рассмотрим *первую концептуальную составляющую*. Данная

концепция необходима для:

- получения оценки семантического содержания сегментов ВИР с позиции анализа соответствующих масок контурной информации. Для этих целей необходимо использовать метод, обеспечивающий не пропуск реальных контуров (минимальное значение ошибки 2-го рода (чувствительности)). Допускается выделение ложных контуров. Для получения контурной информации *предлагается* использовать *методы Собела* или *Лапласиана (LoG)*, [25; 35; 62; 63; 70; 165; 169; 200; 226 – 228];

- синтеза метрики для оценки информативности семантического содержания сегмента по его контурной информации. Здесь требуется учесть такие структурные характеристики как: количество двоичных перепадов в двумерном двоичном пространстве; степень изрезанности двоичного поля сериями единиц; размеры зон, содержащих единичные элементы;

- установления соответствия между степенью семантической информативности и значением структурной метрики.

В результате формирования маски $M_{\text{инф}}$, содержащей информацию о позиционном множестве контурных элементов, формируется оценка семантического содержания сегментов видеокадров. В свою очередь маска $M_{\text{инф}}^{(k, \ell)}$ для $(k; \ell)$ -го сегмента представляет собой двумерный двоичный объект, т.е.

$$M_{\text{инф}}^{(k, \ell)} = \{m_{i,j}^{(k; \ell)}\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n},$$

где $m_{i,j}^{(k; \ell)}$ - $(i; j)$ -й элемент маски для $(k; \ell)$ -го сегмента видеокадра;

n - линейный размер маски.

Это создает возможность для оценки структурной сложности сегмента, учитывая в основном контурную информацию.

Вторая концептуальная составляющая обеспечивает адаптивную обработку сегмента с учетом оценки степени его семантической

информативности. Данная технология подразумевает реализацию методов, направленных на:

- автоматическое управление технологической линией обработки сегмента с учетом оценки степени его семантической информативности для обеспечения повышения целостности и доступности позиционных компонент видеоинформационного ресурса;

- создание интеллектуальной информационной технологии обработки видеоснимка, обеспечивающей повышение информативности синтаксического представления в условиях сохранения его семантического содержания;

- обеспечение устойчивости кодограмм информативного синтаксического представления видеоснимка относительно искажающих воздействий в процессе обработки и передачи в системе аэромониторинга кризисных ситуаций.

Рассмотрим разработку методов $F(I)_{\text{оц}}$, реализующего систему правил и метрик для оценки степени информативности семантического содержания ВИР. Здесь предлагается построить показатель оценки структурной сложности и ввести понятие *структурной единицы семантической сложности*

Для выбора метрики оценки семантической сложности сегмента ВИР по его контурной информации необходимо учитывать следующие требования:

- 1) информативность метрики относительно оценки семантической сложности сегмента;

- 2) чувствительность метрики относительно изменений степени насыщенности сегмента маски контурной информацией;

- 3) интегрированность в двумерном пространстве, т.е. учет двумерной структуры контурной информации;

- 4) простота оценки с позиции алгоритмической реализации;

- 5) наличие возможности создания технологии обработки,

учитывающей особенности выявления контурной информативности по выбранной метрики.

В качестве подхода для синтеза метрики оценки контурной информативности (семантической информативности сегмента по его контурной информации) *предлагается* использовать характеристики, учитывающие структурные особенности двоичных масок, а именно:

- наличие контурного элемента на позиционной координате в сегменте $M^{(k;\ell)}$ маски;
- изрезанность двумерного двоичного поля переходами из фоновое состояние в контурный элемент;
- наличие топологической взаимосвязи между контурными элементами.

Условимся принимать наличие контурного элемента на позиционной координате $(i; j)$ как элемент, имеющий значение равно единице, т.е.

$$m_{i,j}^{(k;\ell)} = 1.$$

Соответственно фоновый или семантически незначимый элемент маски будет иметь значение равно нулю, т.е.

$$m_{i,j}^{(k;\ell)} = 0.$$

Здесь $m_{i,j}^{(k;\ell)}$ - $(i; j)$ -й элемент для $(k; \ell)$ -го сегмента маски видеокадра.

Для учета структурных особенностей маски контурной информации *предлагается* в качестве составляющих метрики использовать наборы весовых указателей. Под весовым указателем позиции с координатами $(i; j)$ будем понимать величину $\theta_{i,j}$ несущую информацию о наличии контурного элемента либо в i -й строке либо в j -м столбце. Соответственно метрика информативности сегмента по контурной информации будет задаваться как

сумма весовых указателей по всем позициям маски.

Достоинства такого подхода в оценки структурной сложности сегмента по контурной информации состоят в следующем:

1) в отличие от простого суммирования количества базовых элементов позволяет учитывать двухмерность топологии контурной информации и взаимосвязи между ее элементами;

2) простота вычислительной оценки метрики (используются только операции арифметического сложения).

Определение структурной интегрированной метрики в двумерном пространстве для оценки степени контурной информативности сегмента базируется на следующих этапах:

- первый этап состоит в определении признаков наличия контурных элементов в строках маски $M^{(k;\ell)}$ сегмента. Это задается следующим выражением:

$$\theta_i = \begin{cases} 0, \rightarrow \omega_i = \sum_{j=1}^{v_{CM}} m_{i,j}^{(k;\ell)} = 0; \\ 1, \rightarrow \omega_i = \sum_{j=1}^{v_{CM}} m_{i,j}^{(k;\ell)} \geq 1; \end{cases} \quad (3.1)$$

$$i = \overline{1, v_{CM}}.$$

Здесь θ_i - признак наличия контурного элемента в i -й строке; v_{CM} - линейный размер сегмента маски контурной информации;

- второй этап заключается в нахождении признаков наличия контурных элементов в столбцах $(k;\ell)$ -го сегмента маски, что описывается соотношением:

$$\theta_j = \begin{cases} 0, \rightarrow \omega_j = \sum_{i=1}^{v_{CM}} m_{i,j}^{(k;\ell)} = 0; \\ 1, \rightarrow \omega_j = \sum_{i=1}^{v_{CM}} m_{i,j}^{(k;\ell)} \geq 1; \end{cases} \quad (3.2)$$

$$j = \overline{1, v_{CM}},$$

где θ_j - признак наличия контурного элемента в j -м столбце текущей маски;

- третий этап сводится к определению признака наличия контурного элемента на позиционной координате $(i; j)$ двоичной маски. Данный этап описывается такой системой:

$$\theta_{i,j} = \begin{cases} 0, \rightarrow \theta_i + \theta_j = 0; \\ 1, \rightarrow \theta_i + \theta_j \geq 1. \end{cases} \quad (3.3)$$

Здесь $\theta_{i,j}$ - признак наличия контурного элемента на $(i; j)$ -й позиционной координате сегмента маски.

- на четвертом этапе проводится расчет количественной метрики $\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k;\ell)}$ для оценки уровня семантической информативности $(k; \ell)$ -го сегмента маски видеокадра. Для чего предлагается использовать следующее выражение

$$\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k;\ell)} = \sum_{i=1}^{v_{CM}} \sum_{j=1}^{v_{CM}} \theta_{i,j}. \quad (3.4)$$

Величина $\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k;\ell)}$ зависит не только от структурного содержания $(k; \ell)$ -го сегмента маски видеокадра, но и от метода

маскирования F_M и от системы $F(I)_{рп}$ пороговых правил для отнесения выявленной контурной информации к значимой.

Полученное выражение позволяет оценить информативность сегмента видеоснимка по его маски контурной информации. В свою очередь для идентификации сегмента видеокадра по степени семантической информативности необходимо использовать классифицирующее правило. **Предлагается** оценивать степени информативности сегмента в процентах относительно максимально возможного (теоретического предела) уровня информативности. Для двоичной маски таким теоретическим пределом будет полная наполненность ее единичными (контурными элементами). Это соответствует случаю, когда весь сегмент содержит в себе часть контура объекта. Количественно такой предел для размера сегмента ($v_{см} \times v_{см}$) вычисляется как

$$\log_2 2^{v_{см} \cdot v_{см}} = v_{см} \times v_{см}.$$

Тогда правило идентификации задается следующим соотношением:

$$\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм}^{(k; \ell)} = \left(\frac{\rho(F_M, F(I)_{рп})^{(k; \ell)}}{v_{см} \cdot v_{см}} \right) \cdot 100\% \leq P_{исм}, \quad (3.5)$$

где $P_{исм}$ - пороговое значение для идентификации степени семантической информативности сегмента маски;

$\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм}^{(k; \ell)}$ - степень семантической информативности $(k; \ell)$ -го сегмента по его контурной информации.

Исходя из практических расчетов, **предлагается** в качестве порогового уровня $P_{исм}$ выбирать 70%. С одной стороны такой уровень порога обусловлен тем, что в соответствии с выражениями (3.1) – (3.3) количество

единичных значений весовых указателей $\theta_{i,j}$ будет больше, чем количество контурных элементов в сегменте маски. С другой стороны такой пороговый уровень диктуется сохранением целостности сегментов с наибольшим уровнем семантической информативности.

Тогда согласно правилу идентификации возможны следующие варианты (структурная схема метода идентификации сегментов по степени их семантической информативности представлена на рис. 3.1):

1. Вариант, когда значение степени $\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(k;\ell)}$ контурной информативности будет равно 0 %, т.е.

$$\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(k;\ell)} = 0\% \quad (3.6)$$

Это соответствует случаю отсутствия контурных элементов в сегменте маски. С позиции оценки степени семантической информативности такой сегмент будет идентифицироваться как незначимый. Такой уровень принимается для того, что максимально сохранить информацию о контурах объектов видеоснимков, т.е. обеспечить высокий уровень семантической целостности видеоинформационного ресурса.

2. Вариант, соответствующий случаю нахождения величины $\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(k;\ell)}$ в диапазоне значений (0%; 70%], т.е.

$$0\% < \eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(k;\ell)} \leq 70\%. \quad (3.7)$$

В такой ситуации сегмент видеоснимка будет идентифицироваться как достаточно информативный с позиции оценки семантической информативности по маски контурной информации.

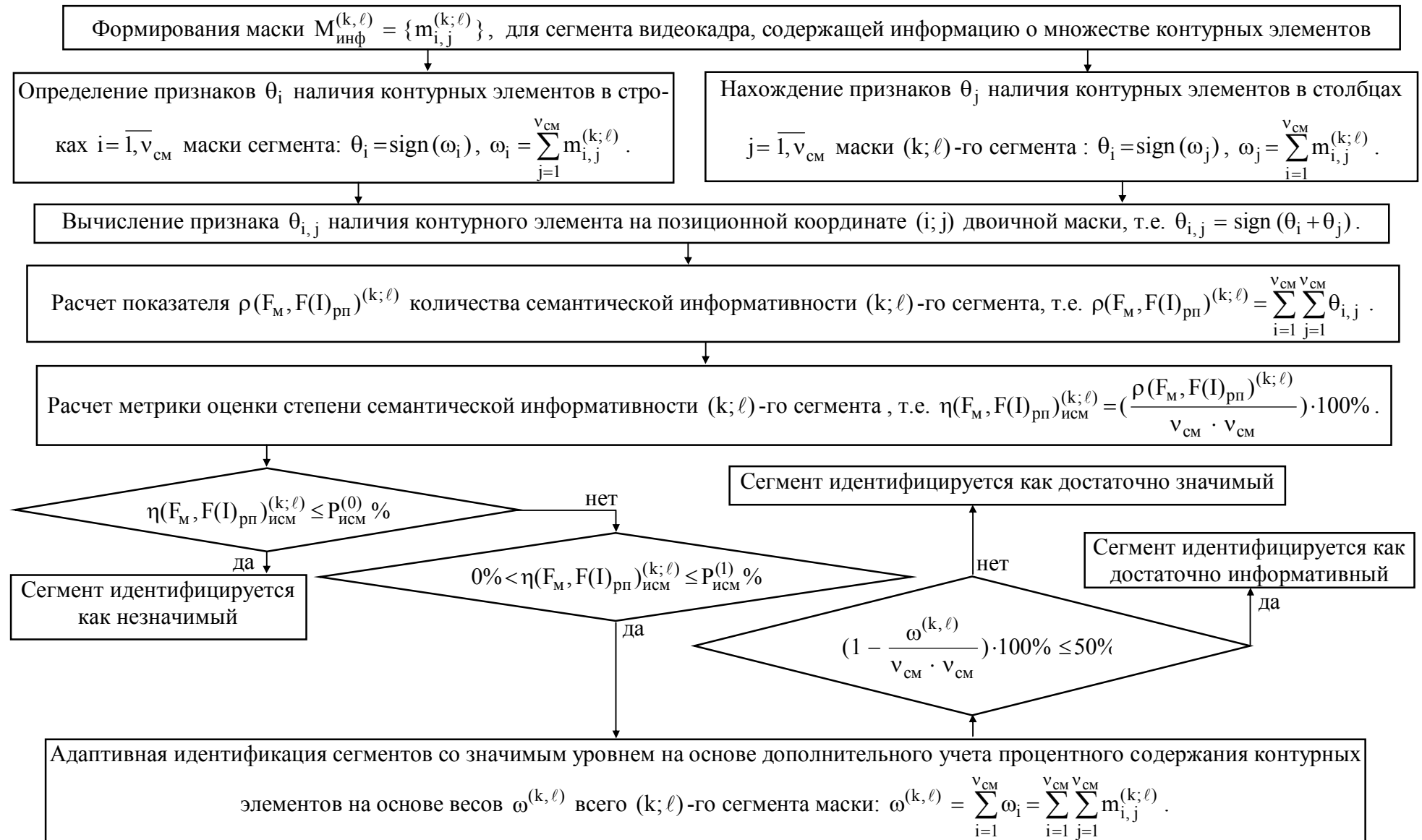


Рис. 3.1. Метод автоматической идентификации степени информативности семантического содержания видеоинформационного ресурса

3. Третий вариант соответствует ситуации, для которой степень информативности превышает уровень 70%, что задается соотношением

$$\eta(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k; \ell)} > 70\%. \quad (3.8)$$

В этом случае сегмент является значимым в плане семантической информативности.

В тоже время количество значимых значений величины $\theta_{i,j}$ может существенно превышать реальное количество контурных элементов в маске. Это является причиной формирования избыточного веса при оценке степени информативности сегмента. Отсюда сегмент с умеренной насыщенность контурной информацией может быть идентифицирован как значимый. Для исключения таких случаев и повышения чувствительности предложенной структурной метрики *предлагается* дополнительно учитывать процентное содержание контурных элементов. Данная информация формируется как промежуточные сведения на первом этапе метода идентификации сегмента видеоснимка, в виде весовых коэффициентов ω_i строк сегмента маски, т.е.

$$\omega_i = \sum_{j=1}^{v_{см}} m_{i,j}^{(k; \ell)} \quad (3.9)$$

С учетом чего, вес $\omega^{(k, \ell)}$ всего $(k; \ell)$ -го сегмента маски по количеству контурных элементов будет определяться по формуле:

$$\omega^{(k, \ell)} = \sum_{i=1}^{v_{см}} \omega_i = \sum_{i=1}^{v_{см}} \sum_{j=1}^{v_{см}} m_{i,j}^{(k; \ell)}.$$

На основе полученного весового коэффициента адаптивная

идентификация сегментов со значимым уровнем метрики $\eta(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k;\ell)}$ осуществляется за счет дополнительной проверки условия:

$$\left(1 - \frac{\omega^{(k,\ell)}}{v_{см} \cdot v_{см}}\right) \cdot 100\% \leq 50\% \quad (3.10)$$

Если условие выполняется, то текущий сегмент идентифицируется как значимый по степени семантической информативности. В противном случае сегмент будет идентифицирован как достаточно информативный.

По изложенному материалу можно заключить следующее:

1. Обосновано, что для повышения доступности и целостности видеoinформационного ресурса в системе интеллектуальной обработки при выборе схемы маскирования семантического содержания видеоснимков предлагается учитывать следующие требования:

1) увеличение количества правильно выделенных контурных элементов (высокий уровень детектирования);

2) повышение степени локализации контуров с одновременной идентификацией степени семантической информативности сегментов изображений по степени насыщенности контурами;

3) обеспечение условий для сохранения необходимой контурной информации с одной стороны и снижение временных затрат на обработку для семантически незначимых сегментов – с другой стороны.

4) обеспечения информацией для управления процессом обработки видеоизображений путем выбора технологической линии и параметров методов преобразования данных.

2. Создана концепция для построения метода интеллектуальной обработки ВИР с учетом оценки степени информативности семантического содержания видеоснимка и последующей дифференцированной обработкой, направленной на сохранение контурной информации. Метод базируется на основе следующих ключевых концепций

1) концепция интеллектуальной обработки ВИР, направленной на идентификацию степени информативности семантического содержания сегментов ВИР. Идентификацию предлагается реализовывать на основе обработки и анализа контурной информации сегментов с использованием системы решающих правил. Сюда входят следующие базовые этапы:

- однокаскадное маскирование, направленное на формирование контурной информации по синтаксическому представлению S исходных сегментов.

- идентификация степени семантической информативности сегментов видеоснимков. Данный этап *предлагается* реализовывать на основе оценки контурной насыщенности сегментов с использованием структурных количественных метрик. Результатом такой обработки является идентификация сегментов относительно уровня информативности содержащегося в них семантического содержания.

2) концепция адаптивной дифференцированной обработки идентифицированных сегментов ВИР с учетом степени их семантической информативности с сохранением необходимой контурной информации. Сюда относятся технологические составляющие, которые в зависимости от степени семантической информативности автоматически генерируют вектор управляющих параметров, так что обеспечивается следующее:

- для обработки сегментов, имеющих незначительную степень семантической информативности. Основная особенность обработки таких сегментов заключается в построении синтаксического представления с максимальной информативностью (максимальной информационной плотностью) при минимизации временных затрат на обработку;

- для обработки сегментов, характеризующихся достаточно значимым уровнем семантической информативности. Здесь требуется обеспечить формирование синтаксического представления для повышения с одной стороны степени его информативности, а с другой стороны учесть наличие контурной информации как оценки семантической составляющей сегмента;

- третий тип сегментов идентифицируется как сегменты, имеющие значительный уровень семантической информативности. Соответственно при обработке сегментов такого типа необходимо обеспечить формирование наиболее информативного синтаксического представления в условиях максимального сохранения контурной информации сегмента.

3. Выработаны рекомендации относительно синтеза метрики оценки семантической сложности сегмента ВИР по его контурной информации, а именно необходимо учитывать следующие требования:

1) информативность метрики относительно оценки семантической информативности сегмента;

2) чувствительность метрики относительно изменений степени насыщенности сегмента маски контурной информацией;

3) интегрированность в двумерном пространстве, т.е. учет двумерной структуры контурной информации;

4) простота оценки с позиции алгоритмической реализации;

5) наличие возможности создания технологии обработки, учитывающей особенности выявления контурной информативности по выбранной метрике.

4. Разработан метод идентификации степени информативности семантического содержания ВИР, содержащий систему решающих правил и метрик относительно классификации сегментов маски по их контурной информации. Метод базируется на следующих составляющих:

1. Количественной метрики для учета структурных особенностей маски контурной информации на основе определения матрицы весовых указателей, несущих признаковую информацию о наличии контурного элемента.

Это позволяет учитывать следующие структурные особенности двоичных масок, а именно:

- наличие контурного элемента на позиционной координате в сегменте маски;

- изрезанность двумерного двоичного поля переходами из фонового

состояния в контурный элемент;

- наличие топологической взаимосвязи между контурными элементами.

Технология определения структурной интегрированной метрики в двумерном пространстве для оценки степени контурной информативности сегмента базируется на следующих этапах:

1) этап формирования количественной метрики, включающий:

- определение признаков наличия контурных элементов в строках маски сегмента;

- нахождение признаков наличия контурных элементов в столбцах сегмента маски;

- определение признака наличия контурного элемента на позиционной координате двоичной маски;

- проводится расчет количественной метрики для оценки уровня семантической информативности сегмента маски видеокadra, как сумма весовых указателей по всем позициям маски.

Это позволяет оценить информативность сегмента видеоснимка по его маски контурной информации.

2) этап идентификации сегмента видеокadra по степени семантической информативности. Здесь строится классифицирующее правило относительно максимально возможного (теоретического предела) уровня информативности. Исходя из практических расчетов, *предлагается* в качестве порогового уровня выбирать 70%. С одной стороны такой уровень порога обусловлен тем, что количество единичных значений весовых указателей будет больше, чем количество контурных элементов в сегменте маски. С другой стороны такой пороговый уровень диктуется сохранением целостности сегментов с наибольшим уровнем семантической информативности.

3) этап повышения чувствительности структурной метрики для сегментов предварительно классифицируемых как значимо информативные. Здесь формируется метрика для дополнительного учета процентного

содержания контурных элементов в сегменте. Это позволит исключить избыточные веса при оценке степени информативности сегмента, т.е. устраняется ситуация ошибочного идентифицирования сегментов с достаточной степенью информативности.

3.2. Разработка модели для оценки эффективности автоматической семантической идентификации сегментов аэрофотоснимков

Для оценки эффективности идентификации сегментов видеокадра по семантической информативности предлагается использовать показатели ошибки первого и второго рода [25; 148; 156].

В результате интеллектуальной идентификации сегментов маски видеокадра возможны две основные ситуации, когда:

- 1) сегмент правильно идентифицирован по степени семантической информативности;
- 2) сегмент неправильно идентифицирован по степени семантической информативности.

Соответственно данные ситуации с учетом наличия трех исходов разделяются соответственно на следующие варианты:

- вариант 1.1 – правильно идентифицирован сегмент как значимый по степени семантической информативности;
- вариант 1.2 - когда сегмент правильно идентифицирован как достаточный по степени семантической информативности;
- вариант 1.3 – соответствующий случаю, когда сегмент правильно идентифицирован как незначимый по степени семантической информативности;
- вариант 2.1 – сегмент значимый по информативности

идентифицирован неправильно, а именно он может быть идентифицирован как: достаточно значимый (вариант 2.1.2) и как незначимый (вариант 2.1.3);

- вариант 2.2 - когда достаточно информативный сегмент идентифицирован неправильно, а именно: идентифицирован как значимый (вариант 2.2.1) и как незначимый (вариант 2.2.3);

- вариант 2.3 – незначимый по степени информативности сегмент идентифицируется как значимый (вариант 2.3.1) и достаточно значимый (вариант 2.3.2).

С позиции сохранения семантической целостности видеоинформационного ресурса наиболее существенным является обеспечение ситуаций, соответствующих варианту 1.1., варианту 1.2., варианту 2.2.1.

С позиции сохранения целостности допускается появления ситуаций, соответствующих: варианту 2.3.1 и варианту 2.3.2.

Наиболее негативное влияние на целостность ВИР оказывают следующие варианты: вариант 2.1.3 и вариант 2.2.3.

Отсюда следует, что для оценки эффективности процесса идентификации сегментов маски видеокadra требуется оценить вероятности возникновения наиболее значимых вариантов.

В соответствии с чем, введем обозначения следующих множеств:

- множество $\Phi_{\text{зис}}$ правильно идентифицированных значимых по информативности сегментов маски видеокadra;

- множество $\bar{\Phi}_{\text{зис}}$ неправильно идентифицированных сегментов как значимых по информативности. Здесь возможны следующие варианты: $\bar{\Phi}(2)_{\text{зис}}$, $\bar{\Phi}(3)_{\text{зис}}$ - множество значимых по информативности сегментов, идентифицированных соответственно как достаточно информативные и незначимые;

- множество $\Phi_{\text{дис}}$ правильно идентифицированных сегментов как достаточно информативные сегменты в смысле семантического содержания;

- множество $\overline{\Phi}_{\text{дис}}$ неправильно идентифицированных сегментов как достаточно информативных. Здесь возможны следующие варианты: $\overline{\Phi}(1)_{\text{дис}}$, $\overline{\Phi}(3)_{\text{дис}}$ - множество достаточных по информативности сегментов, идентифицированных соответственно как значимые и незначимые;

- множество $\Phi_{\text{нис}}$ сегментов правильно идентифицированных как незначимых сегментов по степени семантической информативности;

- множество $\overline{\Phi}_{\text{нис}}$ сегментов, которые неправильно идентифицированы как сегменты с незначимым семантическим содержанием. Здесь возможны такие множества: $\overline{\Phi}(1)_{\text{дис}}$, $\overline{\Phi}(2)_{\text{дис}}$ - множество незначимых по информативности сегментов, идентифицированных соответственно как значимые и достаточно информативные сегменты.

Тогда для оценки эффективности процесса идентификации ключевым является оценка следующих вероятностей (табл. 3.1):

1) вероятность $P_{\text{зис}}$ правильно идентифицированных сегментов как значимых по степени семантической информативности, оцениваемая по формуле

$$P_{\text{зис}} = \frac{|\Phi_{\text{зис}}|}{|\Phi(1)_{\text{зис}}|},$$

где $|\Phi_{\text{зис}}|$ - количество сегментов правильно идентифицированных как значимые по семантической информативности;

$|\Phi(1)_{\text{зис}}|$ - общее количество сегментов в маске видеокадра значимых по семантической информативности;

2) вероятность $P_{\text{дис}}$ правильно идентифицированных сегментов как достаточно информативные, определяемая по формуле

$$P_{\text{дис}} = \frac{|\Phi_{\text{дис}}|}{|\Phi(2)_{\text{дис}}|},$$

Показатели оценки качества идентификации сегментов по степени их семантической информативности

Показатель	Формула	Обозначения
Вероятность $P_{зис}$ правильно идентифицированных сегментов как значимых по степени семантической информативности	$P_{зис} = \frac{|\Phi_{зис}|}{|\Phi(1)_{зис}|}$	$|\Phi_{зис}|$ - количество сегментов правильно идентифицированных как значимые по семантической информативности; $|\Phi(1)_{зис}|$ - общее количество сегментов в маске видеокadra значимых по семантической информативности.
Вероятность $P_{дис}$ правильно идентифицированных сегментов как достаточно информативные	$P_{дис} = \frac{|\Phi_{дис}|}{|\Phi(2)_{дис}|}$	$|\Phi_{дис}|$ - количество сегментов правильно идентифицированных как достаточно информативные; $|\Phi(2)_{дис}|$ - общее количество сегментов в маске видеокadra достаточно информативные по семантической нагрузке.
Вероятность $P(1)_{дис}$ идентификации достаточно информативных сегментов как значимые	$P(1)_{дис} = \frac{|\bar{\Phi}(1)_{дис}|}{|\Phi(2)_{дис}|}$	$\bar{\Phi}(1)_{дис}$ - количество сегментов достаточно информативных, которые идентифицированы как значимые по степени информативности. $|\Phi(2)_{дис}|$ - общее количество сегментов в маске видеокadra, которые достаточно информативные по семантической нагрузке;
Вероятность $P(3)_{зис}$ идентификации значимых сегментов как незначимые по семантической нагрузке	$P(3)_{зис} = \frac{|\bar{\Phi}(3)_{зис}|}{|\Phi(1)_{зис}|}$	$|\bar{\Phi}(3)_{зис}|$ - количество значимых сегментов, идентифицированных как незначимые.
Вероятность $P(3)_{дис}$ идентификации достаточно информативных сегментов как незначимые	$P(3)_{дис} = \frac{|\bar{\Phi}(3)_{дис}|}{|\Phi(2)_{дис}|}$	$|\bar{\Phi}(3)_{дис}|$ означает количество достаточно информативных сегментов маски, которые идентифицированы как незначимые.

где $|\Phi_{\text{дис}}|$ - количество сегментов правильно идентифицированных как достаточно информативные;

$|\Phi(2)_{\text{дис}}|$ - общее количество сегментов в маске видеокадра достаточно информативные по семантической нагрузке;

3) вероятность $P(1)_{\text{дис}}$ идентификации достаточно информативных сегментов как значимые. Данный показатель оценивается по следующей формуле:

$$P(1)_{\text{дис}} = \frac{|\bar{\Phi}(1)_{\text{дис}}|}{|\Phi(2)_{\text{дис}}|},$$

где $\bar{\Phi}(1)_{\text{дис}}$ - количество сегментов достаточно информативных, которые идентифицированы как значимые по степени информативности;

$|\Phi(2)_{\text{дис}}|$ - общее количество сегментов в маске видеокадра, которые достаточно информативные по семантической нагрузке;

4) вероятность $P(3)_{\text{зис}}$ идентификации значимых сегментов как незначимые по семантической нагрузке

$$P(3)_{\text{зис}} = \frac{|\bar{\Phi}(3)_{\text{зис}}|}{|\Phi(1)_{\text{зис}}|}.$$

Здесь $|\bar{\Phi}(3)_{\text{зис}}|$ - количество значимых сегментов, идентифицированных как незначимые;

5) вероятность $P(3)_{\text{дис}}$ идентификации достаточно информативных сегментов как незначимые, что находится с использованием следующего соотношения:

$$P(3)_{\text{дис}} = \frac{|\bar{\Phi}(3)_{\text{дис}}|}{|\Phi(2)_{\text{дис}}|}.$$

В этой формуле величина $|\bar{\Phi}(3)_{\text{дис}}|$ означает количество достаточно информативных сегментов маски, которые идентифицированы как незначимые.

На основе сформулированных показателей образуются комплексные показатели, а именно:

а) ошибка первого рода, т.е. отношение $P(1;2)_{\text{нис}}$ количества $(|\bar{\Phi}(1)_{\text{нис}}| + |\bar{\Phi}(2)_{\text{нис}}|)$ неправильно выделенных информативных сегментов относительно общего количества $|\Phi(3)_{\text{нис}}|$ сегментов, не являющихся информативными, что оценивается как:

$$P(1;2)_{\text{нис}} = \frac{|\bar{\Phi}(1)_{\text{нис}}| + |\bar{\Phi}(2)_{\text{нис}}|}{|\Phi(3)_{\text{нис}}|}.$$

Здесь $|\bar{\Phi}(1)_{\text{нис}}|$, $|\bar{\Phi}(2)_{\text{нис}}|$ - соответственно количество незначимых по семантической информативности сегментов, идентифицированных как значимые и достаточно информативные;

б) ошибка второго рода, т.е. отношение $P(3)_{\text{зис, дис}}$ количества $(|\bar{\Phi}(3)_{\text{зис}}| + |\bar{\Phi}(3)_{\text{дис}}|)$ не выделенных информативных сегментов относительно общего количества $(|\Phi(1)_{\text{зис}}| + |\Phi(2)_{\text{дис}}|)$ информативных сегментов. Данный показатель определяется по выражению:

$$P(3)_{\text{зис, дис}} = \frac{|\bar{\Phi}(3)_{\text{зис}}| + |\bar{\Phi}(3)_{\text{дис}}|}{|\Phi(1)_{\text{зис}}| + |\Phi(2)_{\text{дис}}|}.$$

Здесь $|\bar{\Phi}(1)_{\text{нис}}|$, $|\bar{\Phi}(2)_{\text{нис}}|$ - соответственно количество незначимых по

семантической информативности сегментов, идентифицированных как значимые и достаточно информативные;

С позиции обеспечения целостности ВИР наиболее важной является снижение ошибки второго рода.

По изложенному материалу можно сделать выводы, что разработана модель для оценки эффективности автоматической семантической идентификации сегментов аэрофотоснимков, учитывающая наличие сегментов, которые правильно идентифицированы по степени семантической информативности и сегменты, неправильно идентифицированные по степени семантической информативности. Построенная модель, базируется на системе соотношений, позволяющих:

1. Оценить вероятности появления события, имеющих:

1) ключевое значение с позиции сохранения семантической целостности видеоинформационного ресурса отдается вариантам, которые являются наиболее существенными, а именно:

- вариант 1.1 – правильно идентифицирован сегмент как значимый по степени семантической информативности;

- вариант 1.2 - когда сегмент правильно идентифицирован как достаточный по степени семантической информативности;

- вариант 2.2.1 - когда достаточно информативный сегмент идентифицирован неправильно, а именно: идентифицирован как значимый.

2) наиболее негативное влияние на целостность ВИР, а именно следующие варианты:

- вариант 2.1.3. – сегмент значимый по информативности идентифицирован как незначимый;

- вариант 2.2.3 - когда достаточно информативный сегмент идентифицирован незначимый.

2. Комплексные показатели, а именно:

1) ошибка первого рода, т.е. отношение количества неправильно выделенных информативных сегментов относительно общего количества

сегментов, не являющихся информативными;

2) ошибка второго рода, т.е. отношение количества не выделенных информативных сегментов относительно общего количества информативных сегментов.

3.3. Оценка эффективности метода идентификации сегментов видеокадров по степени их семантической информативности

Рассмотрим оценку эффективности метода идентификации сегментов видеокадров по степени их семантической информативности [25; 148]. Для такой интеллектуальной обработки вбираются четыре аэрофотоснимка:

1) фрагмент аэрофотоснимка аэродрома, соответствующий видеоинформационному ресурсу с повышенной семантической информативностью (рис. 3.2);

2) фрагмент аэрофотоснимка местности, как пример видеоинформационного ресурса с достаточной семантической информативностью (рис. 3.3);

3) фрагмент аэрофотоснимка местности с участком дороги, являющийся примером видеоинформационного ресурса с достаточной семантической информативностью (рис. 3.4);

4) фрагмент аэрофотоснимка ландшафта местности, представляющий вариант видеоинформационного ресурса с незначимой семантической информативностью (рис. 3.5).

Для проведения оценки адекватности разработанного метода идентификации сегментов относительно реальной степени информативности на снимках выделены наиболее показательные сегменты, а именно:

а) для аэрофотоснимка фрагмента аэродрома показательными сегментами являются:

- фрагмент крыши ангара («Крыша 1»);
- композиционный фрагмент крыши здания («Крыша 2»);
- отдельно стоящие самолеты («Самолет 1» и «Самолет 2»);
- фрагменты взлетной полосы («Асфальт 1» и «Асфальт 2»);

б) для аэрофотоснимка фрагмента местности характерными являются следующие сегменты:

- фрагменты посевных полей («Поле 1» и «Поле 2»);
- фрагмент леса («Лес 1»);
- крыша отдельно стоящего строения («Крыша 3»);

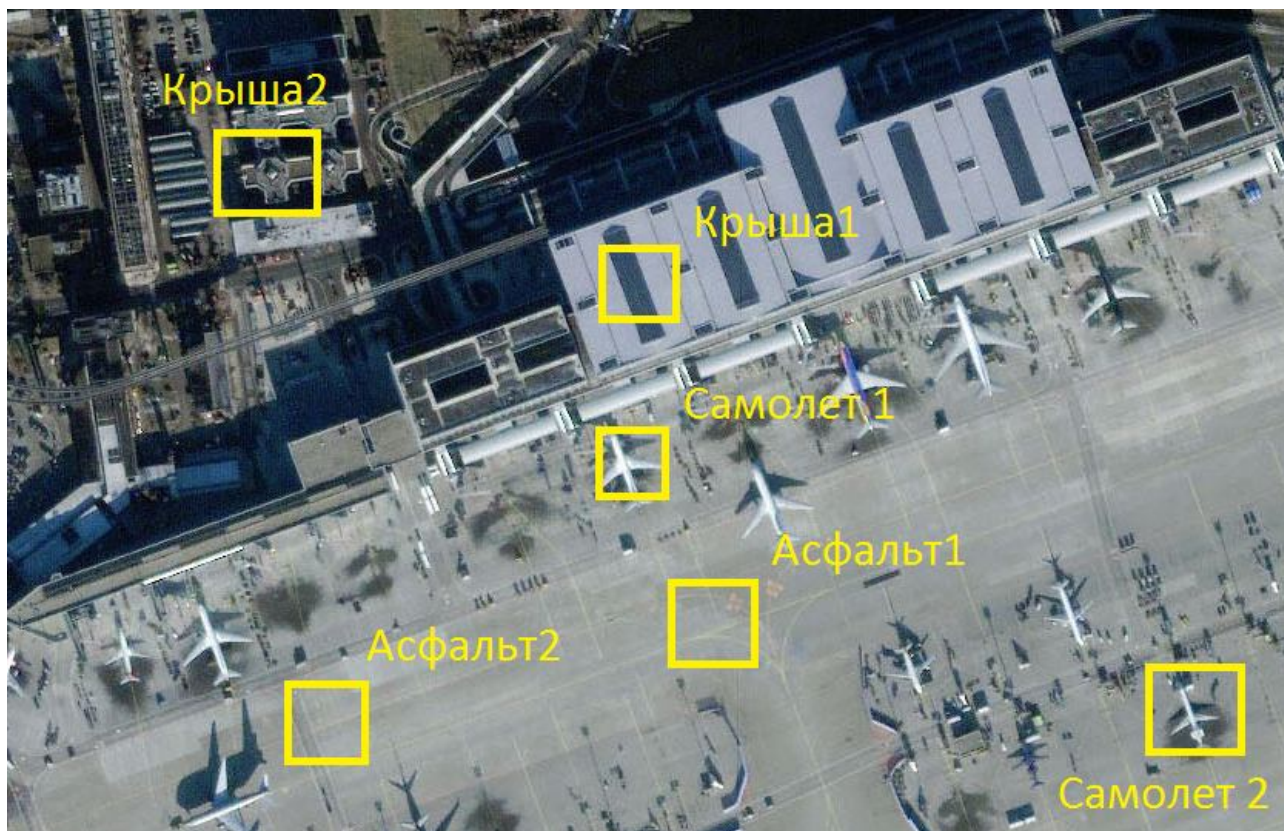


Рис. 3.2. Фрагмент аэрофотоснимка аэродрома (видеоинформационный ресурс с повышенной семантической информативностью)

в) для аэрофотоснимка фрагмент местности с участком дороги, выделяются следующие ключевые сегменты:

- фрагмент степного поля («Поле 4»);
- фрагменты лесных насаждений («Лес 2» и «Лес 3»);

- фрагмент болотистой местности («Болото 1»);
- отдельно стоящие вагоны на железнодорожном полотне («Вагон 1» и «Вагон 2»);

д) для аэрофотоснимка фрагмент ландшафта местности, сегментами характеризующими незначительность степени семантической информативности являются:

- фрагмент посевного поля («Поле 5») и фрагмент поля с неубранным урожаем («Поле 6»).

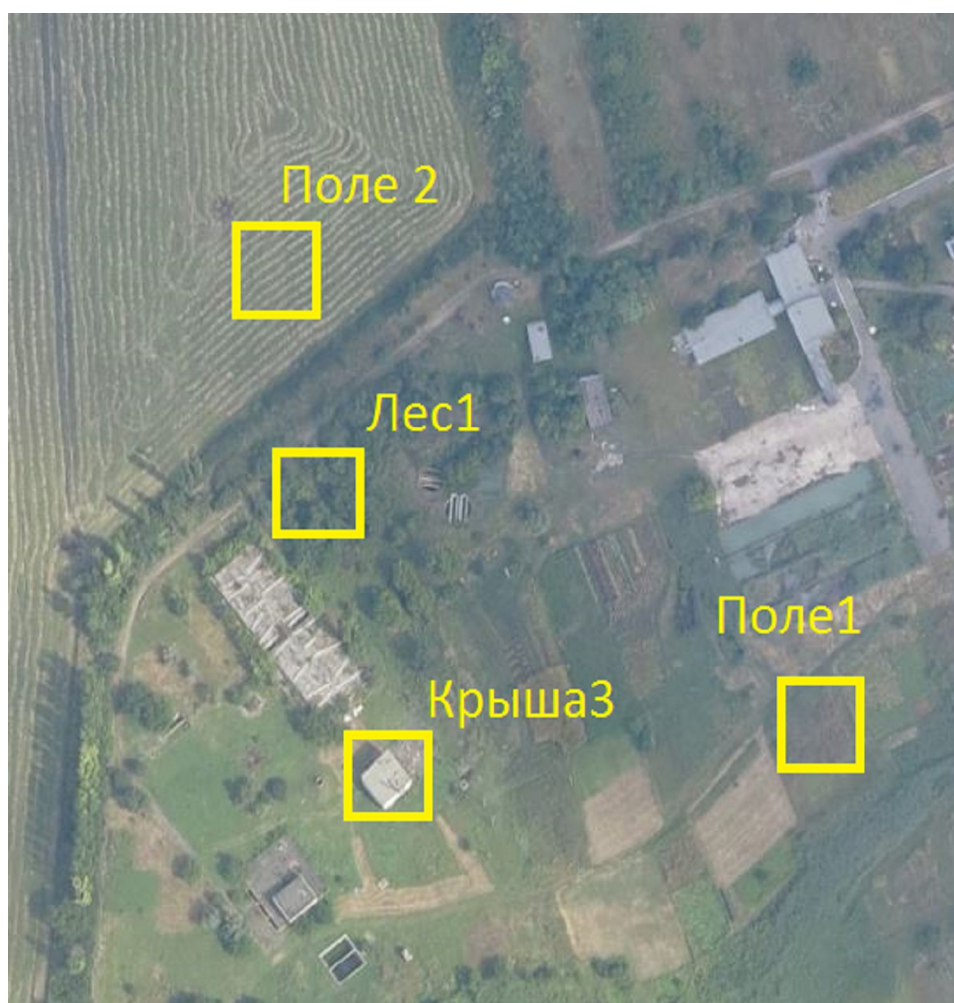


Рис. 3.3. Фрагмент аэрофотоснимка местности (видеоинформационный ресурс с достаточной семантической информативностью)

Для аэрофотоснимков формируется маска контурной информации с использованием различных методов выделения контуров объектов. После

чего маска разделяется на сегменты, размером (32×32) элемента. Для сформированных сегментов маски контурной информации проводится оценка степени семантической информативности. Для этого используются выражения для определения величин:

- количественная метрика $\rho(F_M, F(I)_{\text{рп}})^{(k; \ell)}$ для оценки уровня семантической информативности $(k; \ell)$ -го сегмента маски видеокадра;

- параметры правила идентификации, критерий идентификации $\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(k; \ell)}$:

$$\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(k; \ell)} = \left(1 - \frac{\rho(F_M, F(I)_{\text{рп}})^{(k; \ell)}}{v_{\text{см}} \cdot v_{\text{см}}}\right) \cdot 100\% \leq P_{\text{исм}};$$

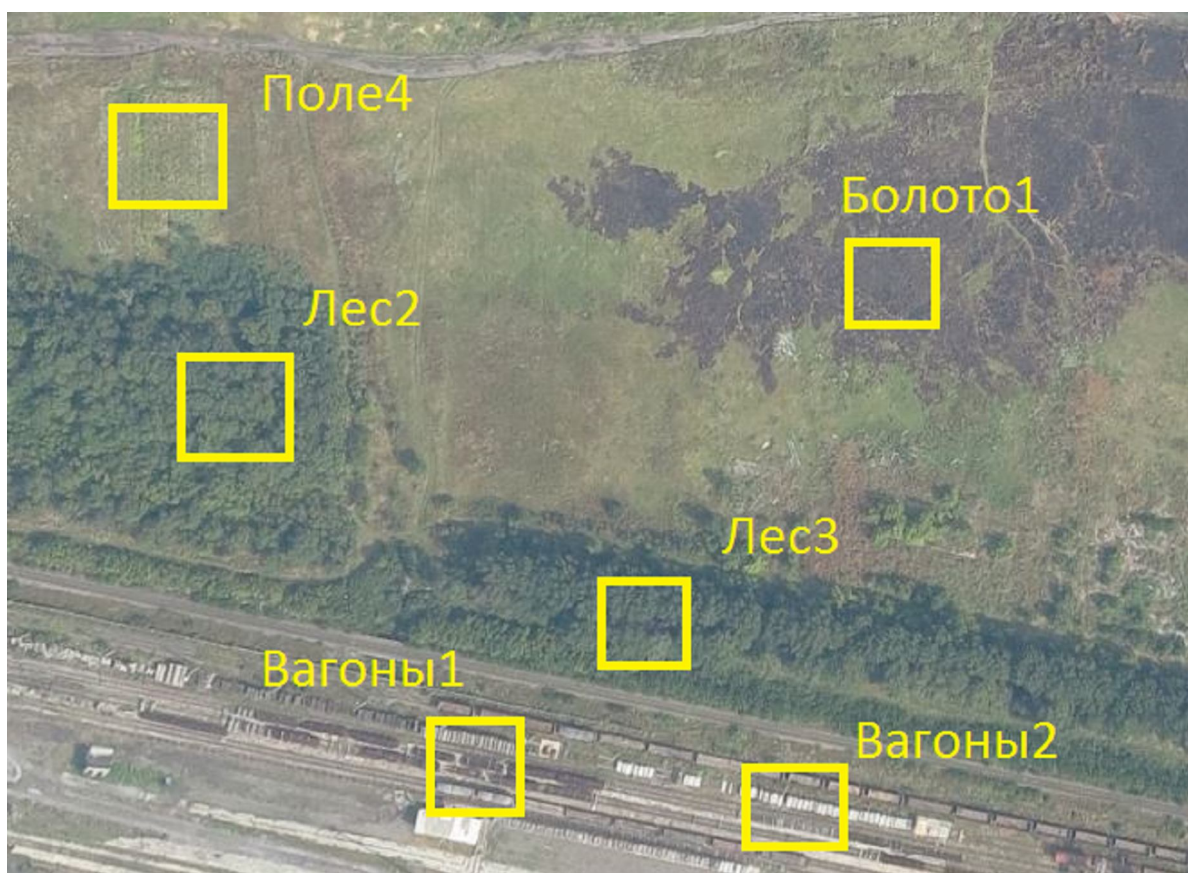


Рис. 3.4. Фрагмент аэрофотоснимка местности с участком дороги (видеоинформационный ресурс с достаточной семантической информативностью)



Рис. 3.5. Фрагмент аэрофотоснимка ландшафта местности
(видеоинформационный ресурс с незначимой семантической
информативностью)

- вес $\omega^{(k, \ell)}$ всего $(k; \ell)$ -го сегмента маски по количеству контурных элементов;
- адаптивная идентификация сегментов со значимым уровнем метрики, т.е.

$$\left(1 - \frac{\omega^{(k, \ell)}}{v_{см} \cdot v_{см}}\right) \cdot 100\% \leq 50\%;$$

- осуществляется проверка условий правила принятия решения относительно степени семантической информативности сегмента, а именно:

$$\eta(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k; \ell)} = 0\%; \quad 0\% < \eta(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k; \ell)} \leq 70\%;$$

$$\eta(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k; \ell)} > 70\%.$$

Результаты обработки ключевых сегментов выбранных аэрофотоснимков в зависимости от выбранного метода выделения контурной информации, сведены в табл. 3.2 – 3.9, а более подробно в приложении Б.

Таблица 3.2.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования с базисом Канны

Тип объекта на снимке	№объекта	$\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k; \ell)}$	Перепад по строкам	Перепад по столбцам
Лес	1	2	2	4
	2	1	2	2
	3	3	2	6
Поле	1	6	4	12
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
Болото	1	0	0	0
Асфальт	1	0	0	0
	2	0	0	0
Крыша	1	8	16	2
	2	361	74	40
	3	784	126	150
Самолет	1	750	84	138
	2	625	78	106
Вагоны	1	0	0	0
	2	660	76	222

Таблица 3.3.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования с базисом Лапласа 1

Тип объекта на снимке	№объект а	$\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k; \ell)}$	Перепад по строкам	Перепад по столбцам
Лес	1	16	14	32
	2	16	16	32
	3	11	16	22
Поле	1	6	10	12
	2	11	8	22
	3	11	12	22
	4	11	12	22
	5	6	8	12
	6	19	14	38
Болото	1	13	18	26
Асфальт	1	-	-	-
	2	14	14	28
Крыша	1	160	28	44
	2	567	118	136
	3	26	12	28
Самолет	1	252	52	66
	2	440	66	74
Вагоны	1	266	50	56
	2	96	26	30

Таблица 3.4.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода
маскирования с базисом Лапласа 2

Тип объекта на снимке	№объект а	$\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k; \ell)}$	Перепад по строкам	Перепад по столбцам
Лес	1	36	16	20
	2	598	90	100
	3	528	88	88
Поле	1	180	42	50
	2	289	58	62
	3	22	16	24
	4	572	86	102
	5	21	12	16
	6	152	32	46
Болото	1	216	42	48
Асфальт	1	11	14	22
	2	24	14	26
Крыша	1	783	130	162
	2	870	250	308
	3	729	134	160
Самолет	1	870	224	254
	2	900	216	248
Вагоны	1	900	270	314
	2	900	252	330

Таблица 3.5.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования с базисом Лапласиан Гаусса

Тип объекта на снимке	№объект а	$\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k; \ell)}$	Перепад по строкам	Перепад по столбцам
Лес	1	676	154	176
	2	900	274	328
	3	900	264	314
Поле	1	870	202	228
	2	900	280	340
	3	702	104	90
	4	900	250	294
	5	754	108	110
	6	870	198	206
Болото	1	900	222	246
Асфальт	1	783	124	138
	2	840	106	110
Крыша	1	900	268	304
	2	900	320	370
	3	870	272	312
Самолет	1	900	332	384
	2	900	316	342
Вагоны	1	900	320	382
	2	900	312	370

Таблица 3.6.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода
маскирования с базисом Прюита

Тип объекта на снимке	№объект а	$\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k; \ell)}$	Перепад по строкам	Перепад по столбцам
Лес	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
Поле	1	0	0	0
	2	9	6	18
	3	18	10	36
	4	17	12	34
	5	13	8	26
	6	6	6	12
Болото	1	0	0	0
Асфальт	1	0	0	0
	2	6	4	12
Крыша	1	594	90	74
	2	702	160	118
	3	675	106	106
Самолет	1	812	160	168
	2	870	164	178
Вагоны	1	754	108	148
	2	780	116	252

Таблица 3.7.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода
маскирования с базисом Собеля

Тип объекта на снимке	№объект а	$\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k; \ell)}$	Перепад по строкам	Перепад по столбцам
Лес	1	39	18	28
	2	44	20	26
	3	68	14	36
Поле	1	5	8	10
	2	20	12	12
	3	0	0	0
	4	6	6	6
	5	70	16	30
	6	2	4	4
Болото	1	30	16	30
Асфальт	1	0	0	0
	2	9	4	18
Крыша	1	504	78	92
	2	840	226	236
	3	700	112	116
Самолет	1	900	220	248
	2	870	208	218
Вагоны	1	900	206	270
	2	870	164	222

Таблица 3.8.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода
маскирования с базисом Хрящева

Тип объекта на снимке	№объект а	$\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k; \ell)}$	Перепад по строкам	Перепад по столбцам
Лес	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
Поле	1	0	0	0
	2	5	6	10
	3	19	12	38
	4	17	12	34
	5	11	8	22
	6	2	2	4
Болото	1	0	0	0
Асфальт	1	14	6	28
	2	20	10	40
Крыша	1	11	8	22
	2	16	8	8
	3	7	4	14
Самолет	1	190	24	46
	2	143	30	28
Вагоны	1	6	4	12
	2	12	4	24

Таблица 3.9.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода
маскирования с базисом Шару

Тип объекта на снимке	№объект а	$\rho(F_M, F(I)_{pp})^{(k; \ell)}$	Перепад по строкам	Перепад по столбцам
Лес	1	900	324	310
	2	900	346	342
	3	900	360	358
Поле	1	900	308	308
	2	900	364	342
	3	810	144	154
	4	900	336	352
	5	840	196	154
	6	900	312	336
Болото	1	900	310	304
Асфальт	1	638	100	156
	2	870	184	148
Крыша	1	840	264	296
	2	900	342	340
	3	900	298	312
Самолет	1	900	356	376
	2	900	338	370
Вагоны	1	900	374	394
	2	900	360	410

Анализ данных в табл. 3.2 – 3.9 позволяет заключить следующее:

1) среди тестируемых методов маскирования наиболее точные и адекватные значения показателя количества контурной информации относительно степени семантической информативности обрабатываемых сегментов достигается для методов Собеля, Лапласиана и Лапласа 2. А именно для обрабатываемых сегментов наблюдаются такие результаты:

- для сегментов со значимым семантическим контекстом значение показателя количества семантической информации для метода Собеля не опускается ниже 80 %, что соответствует выбранному порогу. Наоборот, для остальных тестируемых методов значения данного показателя для таких сегментов может находиться на уровне от 30 % до 70 %. Наличие такого разброса значений снижает чувствительность пороговой оценки, и ограничивает использование тестируемых методов для формирования достоверных знаний о семантическом контексте сегментов аэрофотоснимка;

- для сегментов с достаточно значимой семантической информативностью для методов Собеля и Лапласа 2 достигаются значения показателя количества семантической информативности на уровне от 50 до 65 %, что является достаточно адекватным выбранным пороговым характеристикам. Наоборот, для остальных тестируемых методов значения показателя для сегментов такого типа оказываются либо слишком низкими до 10 % либо существенно завышенными на уровне 85 %. Это указывает на недостаточную адекватность тестируемых методов относительно методов Собеля и Лапласа 2;

- для сегментов с незначимой семантической информативностью для тестируемых методов по сравнению с методом Собеля значения показателя семантической информативности принимает нулевое значение. В тоже время как показывает визуальная оценка для таких сегментов количество семантической информации отлично от нулевого уровня;

- в случае идентификации сегментов с использованием методов Собеля и Лапласа 2 достигается более точное разделение сегментов по классам их

семантической информативности.

Значит, по результатам экспериментальной обработки можно заключить, что наиболее адекватные результаты идентификации сегментов видеоснимков по степени их семантической информативности, достигается в случае использования разработанного метода идентификации с выбранным вектором порогов для варианта получения первичной контурной информации с использованием методов Собеля и Лапласа 2. Достоверность оценки показателя количества семантической информации в сегментах с использованием методов Собеля и Лапласа 2 на 30 % превышает оценки, полученные для остальных тестируемых методов маскирования.

Рассмотрим оценку эффективности процесса идентификации на основе определения следующих показателей с использованием результатов обработки аэрофотоснимков с помощью методов маскирования Собеля и Лапласа 2 (табл. 3.2 – 3.9):

- вероятность $P_{зис}$ правильно идентифицированных сегментов как значимых по степени семантической информативности;

- вероятность $P_{дис}$ правильно идентифицированных сегментов как достаточно информативные;

- вероятность $P(1)_{дис}$ идентификации достаточно информативных сегментов как значимые;

- вероятность $P(3)_{зис}$ идентификации значимых сегментов как незначимые по семантической нагрузке;

- вероятность $P(3)_{дис}$ идентификации достаточно информативных сегментов как незначимые;

- ошибка первого рода, т.е. отношение $P(1;2)_{нис}$ количества $(|\bar{\Phi}(1)_{нис}| + |\bar{\Phi}(2)_{нис}|)$ неправильно выделенных информативных сегментов относительно общего количества $|\Phi(3)_{нис}|$ сегментов, не являющихся информативными;

- ошибка второго рода, т.е. отношение $P(3)_{зис, дис}$ количества

$(|\overline{\Phi(3)}_{\text{зис}}| + |\overline{\Phi(3)}_{\text{дис}}|)$ не выделенных информативных сегментов относительно общего количества $(|\Phi(1)_{\text{зис}}| + |\Phi(2)_{\text{дис}}|)$ информативных сегментов.

На основе исследования данных, представленных в табл. 3.2 – 3.9 можно сделать следующие выводы:

- величина ошибки первого рода не превышает значения 0,15;
- величина ошибки второго рода не превышает уровня 0,12;
- вероятность правильной идентификации сегментов как информативных (значимых и достаточно информативных) соответственно находится на уровне 0,89 и 0,87;
- вероятность идентификации значимых и достаточно информативных сегментов как незначимые по семантической нагрузке не превышает уровня 0,11 и 0,12.

На основе полученных оценок можно заключить, что созданный метод интеллектуальной идентификации сегментов по степени семантической информативности обеспечивает достаточно достоверные результаты. Это позволяет создать условия для обеспечения требуемого уровня видеоинформационных ресурсов в условиях ограниченного временного ресурса на обработку видеок кадров.

Результаты интеллектуальной автоматической классификации сегментов на основе разработанного метода идентификации семантической информативности сегментов с выбранным вектором порогов в случае использования для получения контурной информации методов Собеля и Лапласа 2 является адекватными результатам классификации сегментов аэрофотоснимков, полученных по анализу экспертных оценок группой дешифровщиков.

Отсюда можно утверждать, что предложенный метод идентификации обеспечивает достоверные оценки степени семантической информативности сегментов, и позволяет адекватно классифицировать их в соответствии с реальной семантической нагрузкой сегментов видеоснимков.

Выводы

Разработаны теоретические основы и концептуальный метод интеллектуальной обработки видеoinформационных ресурсов для оценки степени информативности семантического содержания видеоснимка, направленной на сохранение контурной информации. Идентификацию осуществляется путем обработки и анализа контурной информации сегментов на основе двумерной структурно-комбинаторной метрики, позволяющей косвенно оценить степень семантической информативности сегмента. Метод базируется на основе следующих составляющих:

1) маскирование видеокadra, направленное на формирование контурной информации по синтаксическому представлению исходных сегментов, базирующееся на методах Собела или Лапласиана (LoG);

2) метод определения структурной интегрированной метрики в двумерном пространстве для оценки степени контурной информативности сегмента базируется на следующих этапах:

- определение признаков наличия контурных элементов в строках маски сегмента;

- нахождение признаков наличия контурных элементов в столбцах сегмента маски;

- определение признака наличия контурного элемента на позиционной координате двоичной маски;

- проводится расчет количественной метрики для оценки уровня семантической информативности сегмента маски видеокadra, как сумма весовых указателей по всем позициям маски;

3) метод идентификации сегмента видеокadra по степени семантической информативности. Здесь строится классифицирующее

правило относительно максимально возможного (теоретического предела) уровня информативности;

4) метод повышения чувствительности структурной метрики для сегментов предварительно классифицируемых как значимо информативные путем дополнительного учета процентного содержания контурных элементов в сегменте.

5) систему оценки эффективности метода идентификации сегментов маски видеокадра по степени их семантической информативности, учитывающая условия формирования трех классов информативности и требование обеспечения необходимой целостности видеоинформационных ресурсов;

6) экспериментальную базу относительно оценки эффективности созданного метода идентификации в процессе обработки аэрофотоснимков различной степени информативности и доказательства адекватности и достоверности полученных результатов.

Созданные теоретические основы базируются на следующих концептуальных результатах.

1. Обосновано, что для повышения доступности и целостности видеоинформационного ресурса в системе интеллектуальной обработки при выборе схемы маскирования семантического содержания видеоснимков предлагается учитывать следующие требования:

1) увеличение количества правильно выделенных контурных элементов (высокий уровень детектирования);

2) повышение степени локализации контуров с одновременной идентификацией степени семантической информативности сегментов изображений по степени насыщенности контурами;

3) обеспечение условий для сохранения необходимой контурной информации с одной стороны и снижение временных затрат на обработку для семантически незначимых сегментов – с другой стороны.

4) обеспечения информацией для управления процессом обработки

видеоизображений путем выбора технологической линии и параметров методов преобразования данных.

2. Создана количественная метрика для оценки степени семантической информативности сегментов видеокadra на основе выявления двумерных структурно-комбинаторных закономерностей по соответствующей контурной информации. На основе метрики *устанавливается* косвенная эмпирическая взаимосвязь между степенью семантической информативности сегмента видеокadra и количеством информации в двоичной маске сегмента с учетом двумерных структурно-комбинаторных закономерностей.

Метрика базируется на интегрированной обработке матрицы весовых указателей, несущих признаковую информацию о наличии контурного элемента в двоичной маске сегмента видеокadra. Это позволяет учитывать следующие структурные особенности двоичных масок, а именно:

- наличие контурного элемента на позиционной координате в сегменте маски;
- изрезанность двумерного двоичного поля переходами из фонового состояния в контурный элемент;
- наличие топологической взаимосвязи между контурными элементами.

3. Разработан метод автоматической идентификации степени информативности семантического содержания видеоинформационного ресурса, содержащий систему решающих правил и метрик относительно классификации сегментов маски по их контурной информации. Метод базируется на следующих составляющих:

1) метод на базе системы аналитических соотношений для оценки количества структурно-комбинаторной информации в двоичной маске на основе обработки матрицы весовых указателей, несущих признаковую информацию о: наличии контурного элемента; изрезанности двумерного двоичного поля контурными структурами; топологической взаимосвязи между контурными элементами. Метод для оценки структурной

интегрированной метрики в двумерном пространстве позволяет определить степень контурной информативности сегмента. Метод базируется на таких этапах как:

- определение признаков наличия контурных элементов в строках маски сегмента;
- нахождение признаков наличия контурных элементов в столбцах сегмента маски;
- вычисление признака наличия контурного элемента на позиционной координате двоичной маски;
- проведение расчета количественной метрики для оценки уровня семантической информативности сегмента маски видеокадра, как сумма весовых указателей по всем позициям маски;

2) метод повышения чувствительности структурной метрики для сегментов предварительно классифицируемых как значимо информативные. Здесь формируется метрика для дополнительного учета процентного содержания контурных элементов в сегменте. Это позволит исключить избыточные веса при оценке степени информативности сегмента, т.е. устраняется ситуация ошибочной идентификации сегментов с достаточной степенью информативности.

3) система решающих правил на основе оценки количества контурной информативности сегмента для идентификации степени его семантической информативности. В основе автоматического принятия решения используется иерархический принцип сравнения количества семантической информативности сегмента по косвенным признакам с пороговыми значениями. Выбор пороговых значений обуславливается с одной стороны тем, что количество единичных значений весовых указателей будет больше, чем количество контурных элементов в сегменте маски. С другой стороны пороговый уровень диктуется сохранением целостности сегментов с наибольшим уровнем семантической информативности.

4. Проведенная экспериментальная оценка методов маскирования на

основе количественных показателей качества получения контурной информации позволяет сделать такие заключения:

1) рассмотренные объективные метрики количественной оценки качества выделения контурной информации в аэрофотоснимке допустимо использовать в процессе автоматической обработки дистанционных видеоинформационных ресурсов на бортовых комплексах;

2) для снижения времени обработки допустимо проводить маскирования видеоснимков только по их яркостным составляющим;

3) одними из наилучших методов маскирования в условиях обеспечения требуемой семантической целостности, т.е. обеспечения выявления наибольшего количества контурной информации, являются методы Собела и Лапласиана.

5. Разработана система оценки эффективности метода идентификации сегментов маски видеокadra по степени их семантической информативности, учитывающая условия формирования трех классов информативности и требование обеспечения необходимой целостности видеоинформационных ресурсов. Проведенные оценки эффективности созданного метода идентификации в процессе обработки аэрофотоснимков различной степени информативности, выявили следующее:

1) среди тестируемых методов маскирования наиболее точные и адекватные значения показателя количества контурной информации относительно степени семантической информативности обрабатываемых сегментов достигается для методов Собеля, Лапласиана и Лапласа 2. А именно для обрабатываемых сегментов наблюдаются такие результаты:

- для сегментов со значимым семантическим контекстом значение показателя количества семантической информации для метода Собеля не опускается ниже 80 %, что соответствует выбранному порогу. Наоборот, для

остальных тестируемых методов значения данного показателя для таких сегментов может находиться на уровне от 30 % до 70 %.

- для сегментов с достаточно значимой семантической информативностью для методов Собеля и Лапласа 2 достигаются значения показателя количества семантической информативности на уровне от 50 до 65 %, что является достаточно адекватным выбранным пороговым характеристикам. Наоборот, для остальных тестируемых методов значения показателя для сегментов такого типа оказываются либо слишком низкими до 10 % либо существенно завышенными на уровне 85 %;

2) по результатам экспериментальной обработки можно заключить, что наиболее адекватные результаты идентификации сегментов видеоснимков по степени их семантической информативности, достигается в случае использования разработанного метода идентификации с выбранным вектором порогов для варианта получения первичной контурной информации с использованием методов Собеля и Лапласа 2. Достоверность оценки показателя количества семантической информации в сегментах с использованием методов Собеля и Лапласа 2 на 30 % превышает оценки, полученные для остальных тестируемых методов маскирования.

Оценка эффективности процесса идентификации выявила, что:

- величина ошибки первого рода не превышает значения 0,15;
- величина ошибки второго рода не превышает уровня 0,12;
- вероятность правильной идентификации сегментов как информативных (значимых и достаточно информативных) соответственно находится на уровне 0,89 и 0,87;

- вероятность идентификации значимых и достаточно информативных сегментов как незначимые по семантической нагрузке не превышает уровня 0,11 и 0,12.

3) результаты интеллектуальной автоматической классификации сегментов на основе разработанного метода идентификации семантической

информативности сегментов с выбранным вектором порогов в случае использования для получения контурной информации методов Собеля и Лапласа 2 является адекватными результатам классификации сегментов аэрофотоснимков, полученных по анализу экспертных оценок группой дешифровщиков.

Основные научно-прикладные результаты третьего раздела опубликованы в следующих научных трудах [8; 21; 23; 25; 26; 28; 29; 139; 142; 148; 155; 156].

РАЗДЕЛ 4

МЕТОД ИНФОРМАТИВНОГО СИНТАКСИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИ ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ В ДВУХАЛФАВИТНОМ БИАДИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Излагается создание концепции информативного синтаксического описания идентифицированных сегментов видеокадров с учетом степени их семантической информативности с сохранением необходимой контурной информации.

Проводится разработка метода неравномерной сегментации видеокадра на контурированные видеопоследовательности на основе использования знаний о его семантической и структурной информативности.

Синтезируется метод описания контурированных видеопоследовательностей двухбазисными биадическими числами на основе структурно-позиционного представления их локально-пространственных характеристик.

Организовывается построение метода аппроксимации контурированных сегментов видеокадра на основе синтеза двухбазисного биадического пространства с учетом независимости генерирования комбинаций по первому позиционному базису с учетом локально-пространственных характеристик незначимой составляющей КВП и второму позиционному базису оснований, строящемуся с учетом наложения спецификаций по локально-контурным ограничениям на элементы ключевой составляющей КВП.

Формируется метод оценки синтаксической информативности контурированного сегмента на основе представления контурированной видеопоследовательности двухбазисными биадическими числами.

4.1. Создание метода интеллектуальной обработки видеоснимка с автоматической идентификацией семантической информативности

В результате проведения идентификации сегментов видеокадра создаются знания о степени семантической информативности сегментов по их контурной информации. Поэтому в основе метода обработки видеокадров *предлагается* положить концепцию создания информативного синтаксического описания идентифицированных сегментов с учетом степени их семантической информативности с сохранением необходимой контурной информации. В этом случае требуется обеспечить соответствие между степенью семантической информативности сегмента и уровнем информативности его синтаксического описания. Для этого требуется реализовать автоматическое управление технологической линией обработки сегмента с учетом оценки степени его семантической информативности для обеспечения повышения целостности и доступности позиционных компонент видеоинформационного ресурса.

Поэтому метод интеллектуальной обработки ВИР с учетом оценки степени информативности семантического содержания видеоснимка и последующей автоматической адаптивной обработкой, направленной на сохранение ключевой контурной информации *предлагается* строить на основе реализации следующих базовых этапов [24; 25; 26; 192; 217]:

1) создание функционального преобразования $\Psi^{(1)}$ относительно выявления ограничений для синтаксического представления сегмента $S(\xi)_i^{(k,\ell)}$, обеспечивающих автоматическую настройку уровня синтаксической информативности относительно степени семантической информативности сегментов;

2) синтез функционального преобразования $F(\Psi^{(1)}) = \{F(\Psi_{i,0}^{(k,\ell)}); F(\Psi_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)})\}$ относительно метода выявления множества закономерностей $\Psi^{(1)}$:

$$F(\Psi^{(1)}): \{S(\xi)_i^{(k,\ell)}; M(\xi)_{i,к\ell}^{(k,\ell)}\} \rightarrow \Psi^{(1)}.$$

3) разработка функционального преобразования $F(\Psi^{(1)})_{\kappa}^{(1)}$, задающего метод кодирования (синтаксического преобразования, соответствующего семантического содержания) ВИР с учетом множества $\Psi^{(1)}$ выявленных закономерностей, задается как:

$$F(\Psi^{(r)})_{\kappa}^{(r)}: \{S; M_{\text{к\ell}}; \Psi^{(r)}\} \rightarrow W;$$

4) формирование технологии $F(L)$ двоичного кодообразования.

В тоже время вопросы создания автоматической настройки уровня синтаксической информативности относительно степени семантической информативности сегментов находятся в недостаточной проработке.

Поэтому для выявления закономерностей $\Psi^{(r)}$ синтаксического и семантического представления сегмента важно выбрать такую его структуру, чтобы обеспечивалась возможность выявить наибольшее количество закономерностей: не только стандартных, но и новых структурной природы.

Для выделения особенностей обработки сегмента с учетом маски контурной информации предлагается ввести структурную единицу (СЕ). В качестве СЕ предлагается формировать контурированную видеопоследовательность $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$, состоящую из двух компонент (рис. 4.1):

- незначимой последовательности $A(\xi)_{i,н}^{(k,\ell)}$;
- контурной (базовой) последовательности $A(\xi)_{i,б}^{(k,\ell)}$.

В этом случае контурированная видеопоследовательность будет состоять из смежных серий незначимых и контурных элементов строки сегмента видеокадра, т.е. (рис. 4.2)

$$A(\xi)_i^{(k,\ell)} = A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)} \cup A(\xi)_{i,H}^{(k,\ell)}.$$

j	1	2	...	$r(\xi)_{i,H}$	$r(\xi)_{i,H} + 1$	...		$r(\xi)_i$
$m_{i,j}^{(k,\ell)}$	0	0	...	0	1	...	1	1
$a_{i,j}^{(k,\ell)}$	$a_{i,1}^{(k,\ell)}$			$a_{i,r(\xi)_{i,H}}^{(k,\ell)}$	$a_{i,r(\xi)_{i,H}+1}^{(k,\ell)}$			$a_{i,r(\xi)_i}^{(k,\ell)}$

Незначимая составляющая, $A(\xi)_{i,H}^{(k,\ell)}$
Базовая составляющая, $A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$

Рис. 4.1. Схема позиционирования опорных и незначимых элементов в сегменте видеокadra

Здесь $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$ - ξ -я контурированная видеопоследовательность для i -й строки $(k; \ell)$ -го сегмента видеокadra; $A(\xi)_{i,H}^{(k,\ell)}$ - ξ -я незначимая последовательность для i -й строки $(k; \ell)$ -го сегмента видеокadra; $A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$ - ξ -я базовая (контурная) последовательность для i -й строки $(k; \ell)$ -го сегмента видеокadra.

Смешанный подход относительно построения КВП позволяет учитывать характер контурных переходов. В свою очередь это обеспечит выявление информации о величине контурных перепадов.

Каждую структурную серию элементов контурированного описания сегмента предлагается характеризовать следующими параметрами: длиной серии; величиной локального перепада; уровнем диапазона значений начального элемента серии.

Такой подход, основанный на выявлении контурированных видеопоследовательностей в отличие от существующих позволяет:

1) дополнительно появляется возможность вывить закономерность на локальный контурный перепад. А значит это даст возможность для сохранения

Контурированный сегмент $S^{(k,\ell)}$

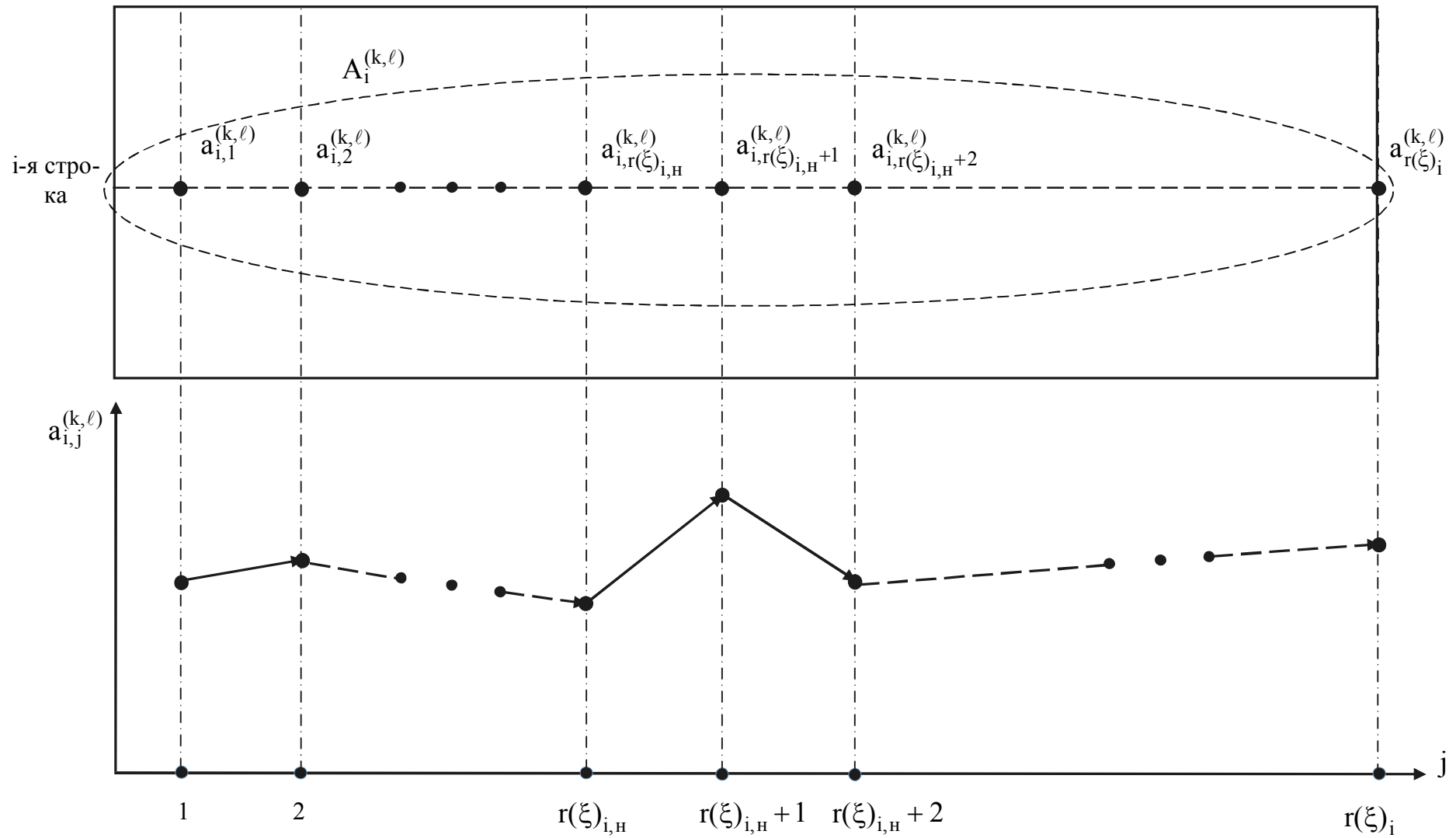


Рис. 4.2. Схема формирования контурированной видеопоследовательности

такой информации (информации о границе контура) и следовательно повышения целостности;

2) описывать яркостные характеристики контурной информации сегмента в соответствии с его маской;

3) учитывать в процессе формирования информативного синтаксического представления различные виды избыточности, обусловленные статистическими, структурными и психовизуальными закономерностями;

4) управлять режимами формирования кодовых конструкций равномерной и неравномерной длины как для фиксированного, так и для плавающего (переменного) размера контурированной видепоследовательности;

5) осуществлять устранение избыточности на основе интегрирования нескольких закономерностей, выявляемых в контурированной видепоследовательности.

6) обеспечить учет сведений, содержащихся в маске контурной информации сегмента, с сохранением семантической целостности;

7) обеспечить возможность адаптации процесса выявления структурных закономерностей с учетом неравномерного взаимного позиционирования контурных элементов в маске;

8) учесть с одной стороны необходимость сохранения информации о контурной составляющей КВП, а с другой стороны возможность проводить обработку незначимой составляющей с коррекцией, учитывающей требования системы аэромониторинга;

На основе предложенной топологии строится контурированный сегмент. Составляющей синтаксического представления $S^{(k,\ell)}$ сегмента является совокупность контурированных видеопоследовательностей, т.е.

$$S^{(k,\ell)} = \{S(\xi)_1^{(k,\ell)}; \dots, S(\xi)_i^{(k,\ell)}; \dots, S(\xi)_{V_{CM}}^{(k,\ell)}\};$$

$$S(\xi)_i^{(k,\ell)} = A(\xi)_i^{(k,\ell)}.$$

Здесь $S(\xi)_i^{(k,\ell)}$ - синтаксическое описание ξ -й составляющей для i -й строки контурированного сегмента $S^{(k,\ell)}$ на основе формирования контурированных видеопоследовательностей $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$ (рис. 4.3).

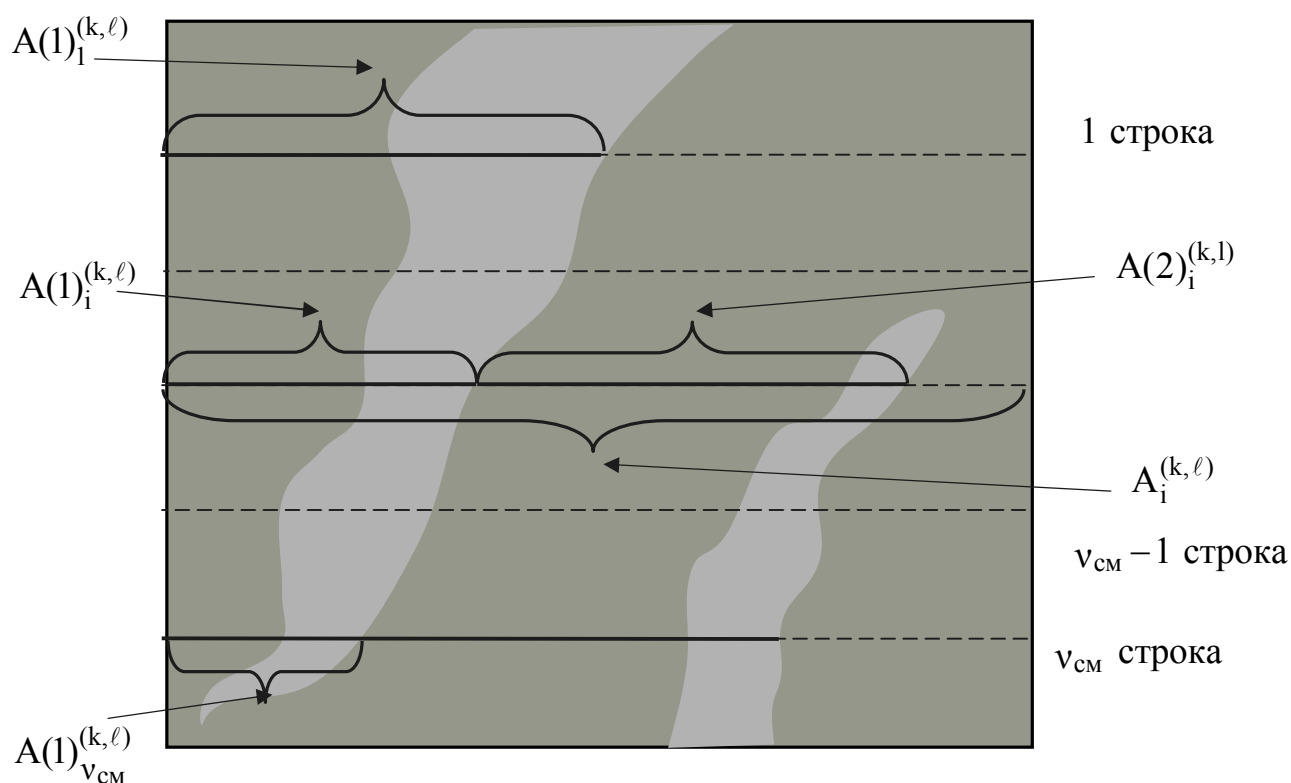


Рис. 4.3. Схема формирования контурирования сегмента видеокадра

Построение функционального преобразования $F(\Psi^{(1)})_k^{(1)}$ для КВП *предлагается* формировать на основе аппроксимации контурированной видеопоследовательности с использованием позиционного подхода.

В этом случае функционал $F(\Psi^{(1)})_k^{(1)}$ создается для следующих условий:

- 1) наличие ограничений на структурные характеристики составляющих КВП с учетом динамических диапазонов элементов;
- 2) возможность управлять синтаксической информативностью сегмента в зависимости от уровня коррекции с учетом зрительного восприятия.

Особенность аппроксимации на основе использования позиционных систем заключается в том, что вся КВП $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$ заменяется ее кодовым эквивалентом в допустимом множестве. Это позволяет повысить уровень информативности синтаксического описания видеокадра.

4.2. Модель представления контурированной видеопоследовательности на основе выявления структурных локально-пространственных характеристик

Недостатки стандартного позиционного представления для синтаксического описания контурированного сегмента заключаются в следующем [26]:

1) оценка динамического диапазона $d(\xi)_i^{(\max)}$ яркостной составляющей контурной информации проводимая для позиционного представления выбирается как максимальное значение в последовательности, т.е

$$d(\xi)_i^{(\max)} = \max_{1 \leq j \leq r(\xi)_i} a_{i,j}^{(k,\ell)} = \max_{1 \leq j \leq r(\xi)_i} \{H(\xi)_{i,n}; H(\xi)_{i,b}\},$$

где $a_{i,j}^{(k,\ell)}$ - $(i; j)$ -й элемент для $(k; \ell)$ -го сегмента кадра;

$r(\xi)_i$ - длина ξ -й КВП для i -й строки.

$H(\xi)_{i,n}$, $H(\xi)_{i,b}$ - значения диапазон значений элементов соответственно незначимой и контурной составляющих для ξ -й КВП.

Это приводит к: потери чувствительности относительно выявления локального контурного перепада между значимой и базовой составляющими КВП (т.е. мы не увидим и не выделим контурный перепад); снижению эффективности синтаксического представления сегмента в виду формирования количества избыточности из-за выбора завышенного динамического диапазона позиционного числа (снижаются синтаксическая и семантическая плот-

ности описания ВИР); потери адаптивности относительно выявления особенностей в структурных характеристиках незначимой составляющей (т.е. наличие предпосылок относительно когерентности незначимой составляющей КВП); создаются условия для поглощения незначимой составляющей с большим динамическим диапазоном контурную составляющую, имеющую относительно низкий динамический диапазон.

Для устранения таких последствий *предлагается* разработать *направление*, базирующееся на дополнительном выявлении закономерностей $\Psi^{(1)}$, основанных на учете локально-контурных свойств контурированной видео-последовательности сегмента видеокадра [24 – 26; 192; 217].

При этом необходимо учитывать, что:

1) контурированная видеопоследовательность формируется на основе незначимой и контурной составляющих. Следовательно, она содержит яркостную информацию о контурном элементе, или о последовательности контурных (базовых) элементов. Поэтому необходимо выбирать два локальных контурных перепадов;

2) структурные характеристики для синтаксического описания незначимой и контурной составляющих КВП потенциально имеют существенные отличия.

3) незначимая и контурная составляющие КВП несут значительно отличающуюся семантическую нагрузку;

4) характеристики, используемые для описания локальных структурных закономерностей не должны снижать эффективность синтаксического представления КВП относительно стандартного позиционного подхода.

Отсюда выявление локально-контурных свойств $\Psi(\xi)^{(1)}$ КВП *предлагается* осуществлять на основе учета ограниченного локального перепада $\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)}$ как для незначимой составляющей, так и локального контурного перепада $\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)}$ для контурной составляющей, т.е.

$$F(\Psi^{(1)}): \{S(\xi)_i^{(k,\ell)}; M(\xi)_{i,kl}^{(k,\ell)}\} \rightarrow \Psi^{(1)} = \{\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)}; \delta(\xi)_{i,\bar{6}}^{(\max)}\};$$

для $S(\xi)_i^{(k,\ell)} = A(\xi)_i^{(k,\ell)}$.

Данные характеристики определяются как максимальные приращения для незначимой и контурной составляющих. В этом случае функционал $F(\Psi^{(r)})$ будет задаваться соответственно следующими выражениями:

$$\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} = \max_{2 \leq j \leq r(\xi)_{i,H}} \delta(\xi)_{i,H}^{(j)}; \quad (4.1)$$

$$\delta(\xi)_{i,\bar{6}}^{(\max)} = \max_{r(\xi)_{i,H}+1 \leq j \leq r(\xi)_{i,\bar{6}}} \delta(\xi)_{i,\bar{6}}^{(j)}, \quad (4.2)$$

где $\delta(\xi)_{i,H}^{(j)}$ - локальное приращение между смежными элементами незначимой составляющей для ξ -й видеопоследовательности, $j = \overline{1, r(\xi)_{i,H}}$, т.е.

$$\delta(\xi)_{i,H}^{(j)} = |a_{i,j}^{(k,\ell)} - a_{i,j-1}^{(k,\ell)}|, \quad j = \overline{1, r(\xi)_{i,H}};$$

$\delta(\xi)_{i,\bar{6}}^{(j)}$ - локальное приращение между смежными базовыми элементами для ξ -й видеопоследовательности, $j = \overline{r(\xi)_{i,H}+2, r(\xi)_{i,\bar{6}}}$, т.е.

$$\delta(\xi)_{i,\bar{6}}^{(j)} = |a_{i,j}^{(k,\ell)} - a_{i,j-1}^{(k,\ell)}|, \quad j = \overline{r(\xi)_{i,H}+2, r(\xi)_{i,\bar{6}}}.$$

Величины $\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)}$ и $\delta(\xi)_{i,\bar{6}}^{(\max)}$ выбираются не заранее, а вычисляются для конкретной КВП, и определяют динамический диапазон яркостных контурных приращений как между каждой парой ее элементов, так и на границе контура. Следовательно, величины $\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)}$ и $\delta(\xi)_{i,\bar{6}}^{(\max)}$ характеризуют локальные пространственно-временные свойства КВП. Для элементов составляющих КВП выполняются ограничения:

$$a_{i,j-1}^{(k,\ell)} - \delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} \leq a_{i,j}^{(k,\ell)} \leq a_{i,j-1}^{(k,\ell)} + \delta(\xi)_{i,H}^{(\max)}, \quad j = \overline{2, r(\xi)_{i,H}}. \quad (4.3)$$

$$a_{i,j-1}^{(k,\ell)} - \delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} \leq a_{i,j}^{(k,\ell)} \leq a_{i,j-1}^{(k,\ell)} + \delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)}, \quad j = \overline{r(\xi)_{i,H} + 2, r(\xi)_{i,\delta}}. \quad (4.4)$$

Это обеспечивает:

- выделение на фоне незначимой составляющей структурные характеристики базовой составляющей, что повысит чувствительность яркостной составляющей контурной информации;

- учет плавных изменений яркостных характеристик для незначимой составляющей КВП.

Данный вид ограничений задается следующей системой соотношений $F(\Psi^{(1)})$:

а) для незначимой $A(\xi)_{i,H}^{(k,\ell)}$ составляющей КВП

$$\begin{cases} a_{i,1}^{(k,\ell)} \leq \delta(\xi)_{i,H}^{(1)} = H(\xi)_{i,H} - 1 \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} - \delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} \leq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, \rightarrow j = \overline{2, r(\xi)_{i,H}}; \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} + \delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} \geq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, \rightarrow j = \overline{2, r(\xi)_{i,H}}; \end{cases} \quad (4.5)$$

б) для контурной $A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$ составляющей КВП

$$\begin{cases} a_{i,1}^{(k,\ell)} \leq \delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,H} + 1)} = |a_{i,r(\xi)_{i,H} + 1}^{(k,\ell)} - a_{i,r(\xi)_{i,H}}^{(k,\ell)}|, \rightarrow j = r(\xi)_{i,H} + 1; \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} - \delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} \leq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, \rightarrow j = \overline{r(\xi)_{i,H} + 2, r(\xi)_{i,\delta}}; \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} + \delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} \geq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, \rightarrow j = \overline{r(\xi)_{i,H} + 2, r(\xi)_{i,\delta}}. \end{cases} \quad (4.6)$$

Здесь $\delta(\xi)_{i,H}^{(1)}$ - динамический диапазон для начального элемента незначимой компоненты КВП, $j = 1$; $H(\xi)_{i,H}$ - диапазон значений элементов незначимой

чимой составляющей для ξ -й КВП; $\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,n}+1)}$ - контурное приращение на границе между незначимой и контурной составляющей КВП, $j = r(\xi)_{i,n} + 1$.

Соотношения (4.5) и (4.6) задают структурное описание КВП с учетом выявления контурных локальных перепадов.

В тоже время предложенное описание КВП не учитывает особенность незначимой составляющей, состоящей в относительно низкой семантической нагрузки. Это позволяет использовать подход для ее аппроксимации с учетом психовизуальной коррекции. В связи с чем, *предлагается* использовать интерполирующую аппроксимацию. Для такого варианта аппроксимации элементы контурированной видеопоследовательности разделяются на два типа, а именно (рис. 4.4):

1) первый тип образуют элементы $a_{i,j}^{(k,\ell)}$ незначимой области, которые являются опорными. Формируется составляющая $A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$, т.е. $a_{i,j}^{(k,\ell)} \in A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$, которая обрабатывается без потери синтаксической целостности;

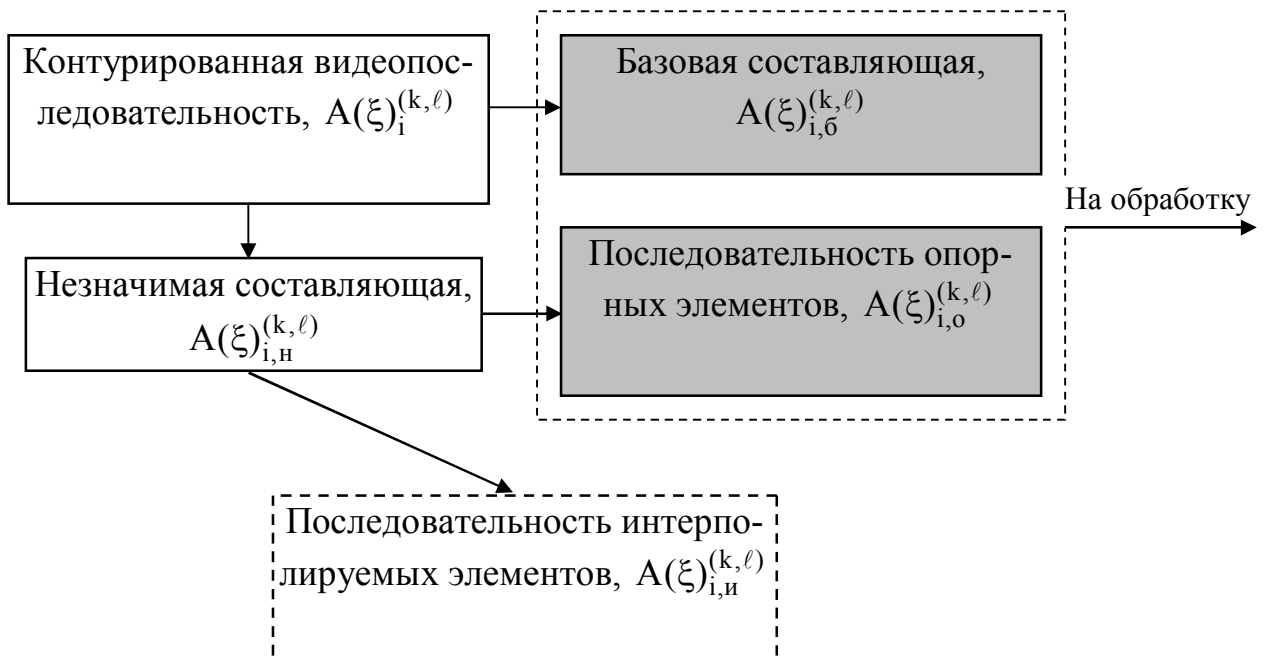


Рис. 4.4. Схема формирования опорной и интерполируемой частей для незначимой составляющей КВП

2) второй тип составляют интерполируемые элементы $a_{i,j}^{(k,\ell)}$ для незначимой области. Здесь образуется интерполируемая составляющая $A(\xi)_{i,n}^{(k,\ell)}$, т.е. $a_{i,j}^{(k,\ell)} \in A(\xi)_{i,n}^{(k,\ell)}$. Элементы такой составляющей реконструируются на основе опорных элементов. Интерполируемые элементы позиционируются в апертуре между опорными (рис. 4.5).

Параметрами интерполяции незначимой составляющей КВП являются:

- режим выбора распределения длин участков интерполяции (равномерный и неравномерный);
- длина $v(\xi)_i$ участка интерполяции, равная количеству интерполируемых элементов между опорными;
- количество $r(\xi)_{i,0}$ опорных элементов для незначимой составляющей.

Для упрощения обработки длина $v(\xi)_i$ аппроксимируемого участка, выбирается фиксированной в пределах текущей незначимой составляющей КВП.

Значение $v(\xi)_i$ выбирается с учетом длины $r(\xi)_{i,n}$ незначимой составляющей. Чем больше $r(\xi)_{i,n}$, тем больше будет $v(\xi)_i$.

Величина $r(\xi)_{i,0}$ в режиме равномерной интерполяции определяется по формуле

$$r(\xi)_{i,0} = \left\lceil r(\xi)_{i,n} / (v(\xi)_i + 1) \right\rceil.$$

Соответственно количество $r(\xi)_{i,n}$ интерполируемых элементов для незначимой составляющей КВП будет равно

$$r(\xi)_{i,n} = v_n v(\xi)_i.$$

Здесь v_n - количество интерполируемых участков в КВП.

	$A(\xi)_{i,H}^{(k,\ell)}$							$A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$				
j	1	2	...		j	...		$r(\xi)_{i,H}$	$r(\xi)_{i,H} + 1$	...	...	$r(\xi)_i$
j	1	...	...		j			$r(\xi)_{i,H}$	1	2	...	$r(\xi)_{i,\delta}$
$m_{i,j}^{(k,\ell)}$	0	0	...	0	0	0	0	0	1	1	...	1
$a_{i,j}^{(k,\ell)}$	$a_{i,1}^{(k,\ell)}$				$a_{i,j}^{(k,\ell)}$			$a_{i,r(\xi)_{i,H}}^{(k,\ell)}$	$a_{i,r(\xi)_{i,H}+1}^{(k,\ell)}$			$a_{i,r(\xi)_i}^{(k,\ell)}$
	$a_{i,1}^{(k,\ell)}$				$a_{i,j}^{(k,\ell)}$			$a_{i,r(\xi)_{i,H}}^{(k,\ell)}$	$a_{i,1}^{(k,\ell)}$			$a_{i,r(\xi)_{i,\delta}}^{(k,\ell)}$
j	$A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$							$A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$				
$a_{i,j}^{(k,\ell)}$	$a_{i,1}^{(k,\ell)}$	$a_{i,2}^{(k,\ell)}$	...	$a_{i,j-1}^{(k,\ell)}$	$a_{i,j}^{(k,\ell)}$	...	$a_{i,r(\xi)_{i,H}-1}^{(k,\ell)}$	$a_{i,r(\xi)_{i,H}}^{(k,\ell)}$				

Опорные элементы для незначимой составляющей, $A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$

Рис. 4.5. Схема позиционирования незначимой и контурной составляющих в контурированной видеопоследовательности

Для варианта интерполирования незначимой составляющей контурированной видеопоследовательности $A(\xi)'_i^{(k,\ell)}$ задается следующей записью:

$$A(\xi)_i^{(k,\ell)} = A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)} \cup A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)} \cup A(\xi)_{i,\Pi}^{(k,\ell)} \rightarrow A(\xi)'_i^{(k,\ell)} = A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)} \cup A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}.$$

Для данной записи используются такие обозначения:

- $A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$ - последовательность опорных элементов незначимой составляющей ξ -й КВП для i -й строки $(k;\ell)$ -го сегмента видеокадра, задаваемая как

$$A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)} = \{a_{i,1}^{(k;\ell)}, \dots, a_{i,j}^{(k;\ell)}, \dots, a_{i,r(\xi)_{i,o}}^{(k;\ell)}\};$$

- $A(\xi)_{i,\Pi}^{(k,\ell)}$ - последовательность интерполируемых элементов незначимой составляющей ξ -й КВП для i -й строки $(k;\ell)$ -го сегмента видеокадра, т.е.

$$A(\xi)_{i,\Pi}^{(k,\ell)} = \{a'_{i,1}^{(k;\ell)}, \dots, a'_{i,j}^{(k;\ell)}, \dots, a'_{i,r(\xi)_{i,\Pi}}^{(k;\ell)}\}.$$

Полезная (рабочая) длина $r(\xi)'_i$ контурированной видеопоследовательности $A(\xi)'_i^{(k,\ell)}$ с интерполяцией незначимой составляющей будет вычисляться как

$$r(\xi)'_i = r(\xi)_{i,o} + r(\xi)_{i,\delta}.$$

Соответственно интерполируемые элементы будут определяться на основе опорных элементов на краях участков интерполяции.

В связи с чем, *предлагается* задавать ограничения $\delta(\xi)_{i,o}^{(j)}$ на характеристику локального структурного приращения для незначимой составляющей $A(\xi)_{i,n}^{(k,\ell)}$ учитывая локально-пространственные зависимости только между опорными элементами, т.е. [24 – 26]

$$\delta(\xi)_{i,o}^{(j)} = |a_{i,j}^{(k,\ell)} - a_{i,j-1}^{(k,\ell)}|, \quad j = \overline{1, r(\xi)_{i,o}}. \quad (4.7)$$

С учетом чего обобщенная характеристика локально-пространственных особенностей незначимой составляющей для КВП находится по формуле

$$\delta(\xi)_{i,o}^{(\max)} = \max_{2 \leq j \leq r(\xi)_{i,o}} \delta(\xi)_{i,o}^{(j)}, \quad (4.8)$$

где $\delta(\xi)_{i,o}^{(\max)}$ - максимальное значение для вектора локально-пространственных изменений для элементов последовательности $A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$.

В этом случае структурные ограничения на элементы последовательности $A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$ будут задаваться следующей системой формул:

$$\begin{cases} a_{i,1}^{(k,\ell)} \leq \delta(\xi)_{i,o}^{(1)} = H(\xi)_{i,o} - 1 = \max_{1 \leq j \leq r(\xi)_{i,o}} a_{i,j}^{(k,\ell)}; \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} - \delta(\xi)_{i,o}^{(\max)} \leq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, \rightarrow j = \overline{2, r(\xi)_{i,o}}; \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} + \delta(\xi)_{i,o}^{(\max)} \geq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, \rightarrow j = \overline{2, r(\xi)_{i,o}}; \end{cases} \quad (4.9)$$

По изложенному можно подытожить следующее:

1. Обосновано, что для повышения информативности синтаксического описания контурированного видеокadra он сегментируется на контурирован-

ные видеопоследовательности, которые формируются на основе незначимой и контурной составляющих.

2. Показано, что стандартное позиционное представление синтаксического описания контурированного сегмента имеет проблемный недостаток, состоящий в том, что оценка динамического диапазона яркостной составляющей контурной информации проводится как максимальное значение в последовательности. Это приводит к: потере чувствительности относительно выявления локального контурного перепада между значимой и базовой составляющими КВП; снижению эффективности синтаксического представления сегмента в виду формирования количества избыточности из-за выбора завышенного динамического диапазона позиционного числа; потере адаптивности относительно выявления особенностей в структурных характеристиках незначимой составляющей; создаются условия для поглощения незначимой составляющей с большим динамическим диапазоном контурную составляющую, имеющую относительно низкий динамический диапазон.

3. Разработана модель информативного синтаксического представления контурированной видеопоследовательности в системе интеллектуальной обработки видеок кадров. Здесь дополнительно учитываются:

- закономерности, основанные на выявлении локально-контурных свойств контурированной видеопоследовательности сегмента видеок кадра, а именно: ограниченного локального перепада для незначимой составляющей по ее опорным элементам, и локального контурного перепада для контурной составляющей;

- то, что длина аппроксимируемого участка выбирается фиксированной в пределах текущей незначимой составляющей КВП, а значение интервала интерполяции выбирается с учетом длины незначимой составляющей.

Это позволяет учесть то, что структурные характеристики для синтаксического описания незначимой и контурной составляющих КВП потенциально имеют существенные отличия, что обусловлено их значительно отличающейся семантической нагрузкой. Это обеспечивает: выделение на фоне

незначимой составляющей структурных характеристик базовой составляющей, что повышает чувствительность яркостной составляющей контурной информации; учет плавных изменений яркостных характеристик для незначимой составляющей КВП.

4. Создается система аналитических соотношений задающих структурное описание КВП с учетом выявления контурных локальных перепадов. Здесь учитываются зависимость локально-пространственных характеристик элементов контурированной видеопоследовательности от величин локально-контурных перепадов, от длины контурной составляющей, количества опорных элементов незначимой составляющей.

4.3. Метод оценки синтаксической информативности контурированного сегмента в двухбазисном биадическом пространстве

В результате выявления ограничений, заданных соотношениями (4.4) – (4.9), КВП $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$ будет представлять собой позиционное число с локально-пространственным $\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)}$ и контурно-локальным $\delta(\xi)_{i,6}^{(\max)}$ ограничениями на значения элементов. Соответственно с чем дадим следующее определение [26; 32].

Определение 4.1. Контурированная видеопоследовательность $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$, на элементы составляющих которой накладываются ограничения описываемые для незначимой и контурной составляющих соответственно системами (4.9) и (4.6) называется *позиционным числом с локально-контурными ограничениями* (ПЧ ЛКО).

Тогда элементы такого позиционного числа будут иметь неоднородный динамический диапазон, а именно с учетом аппроксимации незначимой составляющей получим, что:

1. Первый опорный элемент $a_{i,1}^{(k,\ell)}$ незначимой составляющей $A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ будет изменяться в пределах $a_{i,1}^{(k,\ell)} \in [0; H(\xi)_{i,0} - 1]$. Откуда его динамический диапазон $\lambda(\xi)_{i,1}^{(k,\ell)}$ будет равен

$$\lambda(\xi)_{i,1}^{(k,\ell)} = H(\xi)_{i,0} = \max_{1 \leq j \leq r(\xi)_{i,0}} a_{i,j}^{(k,\ell)} + 1. \quad (4.10)$$

2. Значения остальных опорных элементов $a_{i,j}^{(k,\ell)}$, $j = \overline{2, r(\xi)_{i,0}}$, принадлежащих (ξ) -й незначимой составляющей КВП будут изменяться в следующих пределах:

$$a_{i,j-1}^{(k,\ell)} - \delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} \leq a_{i,j}^{(k,\ell)} \leq a_{i,j-1}^{(k,\ell)} + \delta(\xi)_{i,0}^{(\max)}, \quad j = \overline{2, r(\xi)_{i,0}}.$$

Откуда динамический диапазон $\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)}$ опорных элементов $a_{i,j}^{(k,\ell)}$ относительно предыдущего элемента $a_{i,j-1}^{(k,\ell)}$ незначимой составляющей КВП вычисляется как

$$\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = 2\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1, \quad \text{для } j = \overline{2, r(\xi)_{i,0}}. \quad (4.11)$$

3. Начальный элемент $a_{i,r(\xi)_{i,0}+1}^{(k,\ell)}$ контурной составляющей $A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ в соответствии с локально-контурным подходом для описания КВП будет ограничен сверху величиной $\delta(\xi)_{i,0}^{(r(\xi)_{i,0}+1)}$, равной величине граничного перепада (контраста) между незначимой и контурной составляющими, т.е.

$$\delta(\xi)_{i,0}^{(r(\xi)_{i,0}+1)} = |a_{i,r(\xi)_{i,0}+1}^{(k,\ell)} - a_{i,r(\xi)_{i,0}}^{(k,\ell)}|.$$

Соответственно динамический диапазон $\lambda(\xi)_{i,r(\xi)_{i,H}+1}^{(k,\ell)}$ элемента

$a_{i,r(\xi)_{i,H}+1}^{(k,\ell)}$ находится по формуле

$$\lambda(\xi)_{i,r(\xi)_{i,H}+1}^{(k,\ell)} = 2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,H}+1)} + 1 = 2 |a_{i,r(\xi)_{i,H}+1}^{(k,\ell)} - a_{i,r(\xi)_{i,H}}^{(k,\ell)}| + 1. \quad (4.12)$$

4. Последующие значения элементов $a_{i,j}^{(k,\ell)}$ базовой составляющей $\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$, $j = \overline{r(\xi)_{i,H}+2, r(\xi)_{i,\delta}}$ с учетом выявленного контурного локального перепада $\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)}$ будут задаваться неравенством

$$a_{i,j-1}^{(k,\ell)} - \delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} \leq a_{i,j}^{(k,\ell)} \leq a_{i,j-1}^{(k,\ell)} + \delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)}, \quad j = \overline{r(\xi)_{i,H}+2, r(\xi)_{i,\delta}}.$$

Следовательно, динамический диапазон $\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)}$ контурных элементов относительно друг друга будет вычисляться с помощью выражения

$$\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = 2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1, \quad \text{для } j = \overline{r(\xi)_{i,H}+2, r(\xi)_{i,\delta}}. \quad (4.13)$$

Значит, в результате аппроксимации контурированной видеопоследовательности позиционным числом с ЛКО, формируется вектор $\Lambda(\xi)_i^{(k,\ell)}$ оснований

$$\Lambda(\xi)_i^{(k,\ell)} = \{ \lambda(\xi)_{i,1}^{(k,\ell)} = H(\xi)_{i,0}; \quad \lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = 2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1; \\ \lambda(\xi)_{i,1}^{(k,\ell)} = 2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,H}+1)} + 1; \quad \lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = 2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1 \},$$

характеризующийся следующими особенностями:

1) основания для незначимой составляющей зависят от степени когерентности между ее опорными элементами;

2) основания для контурной составляющей определяются локальным перепадом на границе составляющих КВП и степенью неоднородности яркостного описания контурной последовательности);

3) значения оснований для незначимой и контурной составляющими КВП, имеют различное семантическое и структурное происхождение, и могут значительно отличаться друг от друга.

В виду чего, контурированную видеопоследовательность допускается рассматривать как совокупность двух позиционных чисел с ЛКО, каждое из которых имеет два основания. В тоже время позиционное число с двумя основаниями определяется как биадическое число [22; 25; 27]. Согласно чему КВП рассматривается как совокупность двух биадических чисел. Здесь требуется учитывать, что эти биадические числа формируются двумя независимыми друг от друга базисами оснований $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Lambda(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}$, т.е.

$$\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)} = \{ \lambda(\xi)_{i,1}^{(k,\ell)} = H(\xi)_{i,0}; \quad \lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = 2\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1 \}; \quad (4.14)$$

$$\Lambda(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)} = \{ \lambda(\xi)_{i,1}^{(k,\ell)} = 2\delta(\xi)_{i,\bar{0}}^{(r(\xi)_{i,n}+1)} + 1; \quad \lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = 2\delta(\xi)_{i,\bar{0}}^{(\max)} + 1 \}, \quad (4.15)$$

где $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Lambda(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}$ - вектор оснований соответственно для незначимой и контурной составляющих КВП.

Поэтому предлагается сформулировать следующее определение КВП.

Определение 4.2. Контурированная видеопоследовательность $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$, представляемая совокупностью биадических чисел $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$, $\Lambda(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}$, имеющими базисы оснований $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Lambda(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}$, задаваемые соответственно выражениями (4.14) и (4.15), называются **двухбазисными биадическими числами** (ДББЧ).

Векторы базисов оснований $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$ можно представить соответственно следующими системами выражений:

$$\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = \begin{cases} H(\xi)_{i,0}, & \rightarrow j=1; \\ 2\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)}+1, & \rightarrow j=\overline{2, r(\xi)_{i,0}}; \end{cases} \quad (4.16)$$

$$\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = \begin{cases} 2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,H}+1)}+1, & \rightarrow j=r(\xi)_{i,H}+1; \\ 2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)}+1, & \rightarrow j=\overline{r(\xi)_{i,H}+2, r(\xi)_{i,\delta}}. \end{cases} \quad (4.17)$$

Сформулированное определение КВП дается по аналогии с аппроксимацией видеопоследовательности двумя базисными функциями. Первый базис формируется для незначимой составляющей $A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ КВП с параметрами $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$, $r(\xi)_{i,H}$, $v(\xi)_i$. Второй базис формируется для контурной составляющей $A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$ КВП с параметрами $\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$, $r(\xi)_{i,\delta}$.

Данные параметры с одной стороны определяются локальным характером в составляющих КВП и на ее перепаде, а другой стороны имеют интерпретацию как основания позиционного числа (в том случае, если видеопоследовательность рассматривать как позиционное число).

На основе созданной интерпретации КВП вытекают следующие свойства ее двухбазисного описания:

Первое свойство. Две составляющие $A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$ КВП в позиционном плане являются независимыми, т.е. отсутствует пересечение позиций элементов

$$A(\xi)_i^{(k,\ell)} = A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)} \cup A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}.$$

Второе свойство. Количество комбинаций $W(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $W(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}$, которое можно составить соответственно для генерирования незначимых последовательностей по базису $\{\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,0}\}$ и для генерирования контурных последовательностей по базису $\{\Lambda(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,\bar{0}}\}$, не зависят друг от друга. Тогда суммарное количество комбинации $W(\xi)_i^{(k,\ell)}$, которое допустимо сгенерировать для КВП $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$, как двухбазисного биадического числа, будет определяться следующим соотношением:

$$W(\xi)_i^{(k,\ell)} = W(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)} \cdot W(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}. \quad (4.18)$$

Третье свойство. Индексация комбинаций для множества $\Omega(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ допустимых незначимых составляющих и множества $\Omega(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}$ допустимых контурных составляющих осуществляется независимо друг от друга. Следовательно, лексикография множеств $\Omega(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Omega(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}$ проводится независимо друг от друга.

Четвертое свойство. Старшими элементами ДББЧ согласно правилам формирования КВП являются элементы незначимой составляющей. В соответствии с третьим свойством индекс общей КВП во множестве $\Omega'(\xi)_i^{(k,\ell)}$ допустимых ДББЧ образуется как сумма индексов в соответствующем множестве $\Omega(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Omega(\xi)_{i,\bar{0}}^{(k,\ell)}$, пронумерованных в согласовании с унифицированным лексикографическим правилом.

Докажем выполнение четвертого свойства.

Поскольку КВП $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$ в общем случае является позиционным числом, то его индекс $E(A(\xi)_i^{(k,\ell)})$ во множестве допустимых ДББЧ определяется в общем случае как

$$E(A(\xi)_i^{(k,\ell)}) = a_{i,1}^{(k,\ell)} W_1 + \dots + a_{i,r(\xi)_{i,H}}^{(k,\ell)} W_{r(\xi)_{i,H}} + a_{i,r(\xi)_{i,H}+1}^{(k,\ell)} W_{r(\xi)_{i,H}+1} + \dots + a_{i,r(\xi)_i}^{(k,\ell)} W_{r(\xi)_i}$$

или в соответствии со структурой КВП

$$E(A(\xi)_i^{(k,\ell)}) = \underbrace{a_{i,1}^{(k,\ell)} W_1 + \dots + a_{i,r(\xi)_{i,0}}^{(k,\ell)} W_{r(\xi)_{i,0}}}_{E(A(\xi)_{i,0/K}^{(k,\ell)})} + \underbrace{a_{i,1}^{(k,\ell)} W_1 + \dots + a_{i,r(\xi)_{i,6}}^{(k,\ell)} W_{r(\xi)_{i,6}}}_{E(A(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)})}.$$

Здесь замечаем, что первая группа слагаемых соответствует незначимой составляющей, а вторая – контурной. Введя обозначения для соответствующих индексов $E(A(\xi)_{i,0/K}^{(k,\ell)})$ и $E(A(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)})$ во множествах $\Omega(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Omega(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)}$, нумеруемые как

$$E(A(\xi)_{i,0/K}^{(k,\ell)}) = a_{i,1}^{(k,\ell)} W_1 + \dots + a_{i,r(\xi)_{i,0}}^{(k,\ell)} W_{r(\xi)_{i,0}};$$

$$E(A(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)}) = a_{i,1}^{(k,\ell)} W_1 + \dots + a_{i,r(\xi)_{i,6}}^{(k,\ell)} W_{r(\xi)_{i,6}},$$

получим следующее выражение:

$$E(A(\xi)_i^{(k,\ell)}) = E(A(\xi)_{i,0/K}^{(k,\ell)}) + E(A(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)}).$$

Что и требовалось доказать.

Проведем оценку синтаксической плотности, т.е. оценку информативности синтаксического представления без учета семантической нагрузки сегмента, на основе представления контурированной видеопоследовательности двухбазисными биадическими числами [32].

Для этого требуется определить степень информативности синтаксического представления контурированной видеопоследовательности или вес $V(\xi)_i^{(k,\ell)}$ эффективного синтаксического представления КВП на основе по-

строения ДББЧ. Вес КВП предлагается определять как двоичный логарифм от количества ее допустимых состояний. Количество допустимых состояний определяется как количество $W(\xi)_i^{(k,\ell)}$ допустимых комбинаций. В случае представления контурированной видеопоследовательности в виде ДББЧ с количество допустимых КВП будет равно количеству допустимых ДББЧ в обобщенном базисе $\{(\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,0}); (\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,\delta})\}$. Найдем в начале допустимое количество $W(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ биадических чисел для базиса $\{\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,0}\}$ и количество $W(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$ биадических чисел для базиса $\{\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,\delta}\}$. В соответствии с тем, что биадическое представление относится к семейству позиционных кодов, то получим следующие формулы для оценки величин $W(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $W(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$:

$$W(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)} = \prod_{j=1}^{r(\xi)_{i,0}} \lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = H(\xi)_{i,0} (2\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,0}-1}; \quad (4.19)$$

$$W(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)} = \prod_{j=1}^{r(\xi)_{i,\delta}} \lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = (2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,\delta}+1)} + 1)(2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}-1}; \quad (4.20)$$

После чего, используя второе свойство ДББЧ относительно определения суммарного количества $W(\xi)_i^{(k,\ell)}$ комбинаций допустимых КВП, получим такое соотношение:

$$W(\xi)_i^{(k,\ell)} = \prod_{j=1}^{r(\xi)_{i,0}} \lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} \cdot \prod_{j=1}^{r(\xi)_{i,\delta}} \lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = H(\xi)_{i,0} (2\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,0}-1} \times \\ \times (2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,\delta}+1)} + 1)(2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}-1}. \quad (4.21)$$

Откуда вес $V(\xi)_i^{(k,\ell)}$ эффективного синтаксического представления КВП на основе построения двухбазисного биадического описания будет равен

$$V(\xi)_i^{(k,\ell)} = [\log_2 H(\xi)_{i,o} (2\delta(\xi)_{i,o}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}-1} \times \\ \times (2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,h}+1)} + 1)(2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}-1}] + 1. \quad (4.22)$$

Тогда выражение для оценки синтаксической плотности $\eta(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)}$ для ξ -й КВП задается следующим образом:

$$\eta(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)} = \frac{r(\xi)_i}{V(\xi)_i^{(k,\ell)}} = \\ = \frac{r(\xi)_i}{[\log_2 H(\xi)_{i,o} (2\delta(\xi)_{i,o}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}-1} (2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,h}+1)} + 1)(2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}-1}] + 1}. \quad (4.23)$$

Анализ выражения (4.23) для оценки синтаксической плотности информативного представления контурированной видеопоследовательности с учетом того, что потенциально величина $\delta(\xi)_{i,o}^{(\max)}$ локально-пространственного ограничения для незначимой области будет меньше, чем величина $\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)}$ локально-контурного перепада базовой составляющей, позволяет заключить следующее:

- физически синтаксическая плотность в данном случае трактуется как отрезок длины контурированной видеопоследовательности описываемый одним битом двухбазисного биадического представления. Чем выше синтаксическая плотность, тем более эффективное представление КВП формируется;

- синтаксическая плотность представления КВП на основе ДББЧ увеличивается с ростом длины незначимой составляющей, увеличением длины

участка интерполяции, снижения значений локально-пространственных ограничений для незначимой и контурной составляющих;

- обеспечивается управление значением синтаксической плотности описания КВП за счет выбора количества опорных элементов незначимой составляющей;

- повышение плотности синтаксического представления КВП достигается в случае выбора двух опорных элементов, т.е. $r(\xi)_{i,0} = 2$. Тогда получим

$$\eta(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)} = r(\xi)_i / V(\xi)_i^{(k,\ell)} \Big|_{r(\xi)_{i,0}=2} =$$

$$= \frac{r(\xi)_i}{[\log_2 H(\xi)_{i,0} (2\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1)(2\delta(\xi)_{i,\text{н}}^{(r(\xi)_{i,\text{н}} + 1)} + 1)(2\delta(\xi)_{i,\text{б}}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\text{б}} - 1}] + 1}. \quad (4.24)$$

Оценим теперь вес $V^{(k,\ell)}$ эффективного синтаксического представления сегмента и соответствующую синтаксическую плотность $\eta_{\text{син}}^{(k,\ell)}$. Здесь используется, что количество контурированных видеопоследовательностей в i -й строке сегмента видеокадра равно $v(i)_{\text{КВП}}$, а линейный размер сегмента видеокадра равен $v_{\text{см}}$. Тогда базируясь на соотношениях (4.22) и (4.23) для величин $V(\xi)_i^{(k,\ell)}$ и $\eta(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)}$, соответственно получим:

$$V^{(k,\ell)} = \sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{v(i)_{\text{КВП}}} V(\xi)_i^{(k,\ell)} = \sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{v(i)_{\text{КВП}}} ([\log_2 H(\xi)_{i,0} (2\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,0} - 1} \times$$

$$\times (2\delta(\xi)_{i,\text{б}}^{(r(\xi)_{i,\text{н}} + 1)} + 1)(2\delta(\xi)_{i,\text{б}}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\text{б}} - 1}] + 1); \quad (4.25)$$

$$\eta_{\text{син}}^{(k,\ell)} = \frac{v_{\text{см}} \cdot v_{\text{см}}}{\sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{v(i)_{\text{КВП}}} V(\xi)_i^{(k,\ell)}}. \quad (4.26)$$

Проведем теперь обоснование эффективности такого синтаксического представления. Для этого требуется оценить количество избыточности и функцию синтаксической плотности и сравнить ее со стандартизированными подходами. Здесь функция от длины КВП и от контурных локальных приращений [26; 32].

Обоснование эффективности представления КВП путем двухбазисного биадического описания проводится на основе оценки величина выигрыша (коэффициент $k(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)}$ прироста плотности) по синтаксической плотности относительно плотности исходного представления в %:

$$k(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)} = \frac{\eta(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)} - \eta(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)}}{\eta(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)}} 100\%, \quad (4.27)$$

где $\eta(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)}$ - плотность исходного синтаксического представления КВП, равная

$$\eta(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)} = \frac{r(\xi)_i}{V(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)}}.$$

Рассмотрим оценку минимального количества избыточности $Q(\xi)_{i,\text{мин}}^{(k,\ell)}$, сокращаемой в результате двухбазисного биадического представления КВП относительно исходного синтаксического описания. Для этого воспользуемся формулой:

$$Q(\xi)_{i,\text{мин}}^{(k,\ell)} = \frac{V(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)} - V(\xi)_i^{(k,\ell)}}{V(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)}} \times 100\% = \frac{\text{br}(\xi)_i - V(\xi)_i^{(k,\ell)}}{\text{br}(\xi)_i} \times 100\%, \quad (4.28)$$

где $V(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)}$ - количество бит (количество информации) для исходного синтаксического описания КВП;

b - количество бит, отводимое на представление элемента КВП.

Если в выражении (4.27) для оценки коэффициента $k(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)}$ заменить величины $\eta(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)}$ и $\eta(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)}$ соответственно на

$$\eta(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)} = r(\xi)_i / V(\xi)_{i,\text{исх}}^{(k,\ell)}; \quad \eta(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)} = r(\xi)_i / V(\xi)_i^{(k,\ell)},$$

то после преобразования получим оценку количества избыточности $Q(\xi)_{i,\text{мин}}^{(k,\ell)}$. Значит, коэффициент прироста (эффективности) по синтаксической плотности равен минимальному количеству избыточности, которое потенциально сокращается в результате эффективного синтаксического представления КВП.

Из рассмотрения формулы (4.28) следует, что отношение $(V(\xi)_i^{(k,\ell)} / r(\xi)_i)$ представляет собой количество $\bar{V}(\xi)_i^{(k,\ell)}$ бит эффективного синтаксического представления, приходящегося на один элемент КВП. С учетом чего выражение (4.27) для коэффициента $k(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)}$ и $Q(\xi)_{i,\text{мин}}^{(k,\ell)}$ примет вид

$$k(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)} = Q(\xi)_{i,\text{мин}}^{(k,\ell)} = (1 - (\bar{V}(\xi)_i^{(k,\ell)} / b)) \times 100\%.$$

Анализ данного выражения позволяет заключить, что коэффициент эффективности по синтаксической плотности будет больше нулевого уровня, т.е. $k(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)} = Q(\xi)_{i,\text{мин}}^{(k,\ell)} > 0\%$. Откуда следует вывод об эффективности созданного подхода относительно формирования синтаксического описания контурированной видеопоследовательности.

Оценка коэффициента $k(\xi)_{i,\text{син}}^{(k,\ell)}$ в зависимости от: длины $r(\xi)_i$ КВП; длины $r(\xi)_{i,\text{н}}$ незначимой составляющей; количества $r(\xi)_{i,0}$ опорных элементов, значения $\delta(\xi)_{i,0}^{(\text{max})}$ локально-пространственного ограничения для незна-

чимой составляющей, значения $\delta(\xi)_{i,\bar{6}}^{(\max)}$ локального контурного перепада для контурной составляющей, представлена в виде графиков на рис. 4.6.

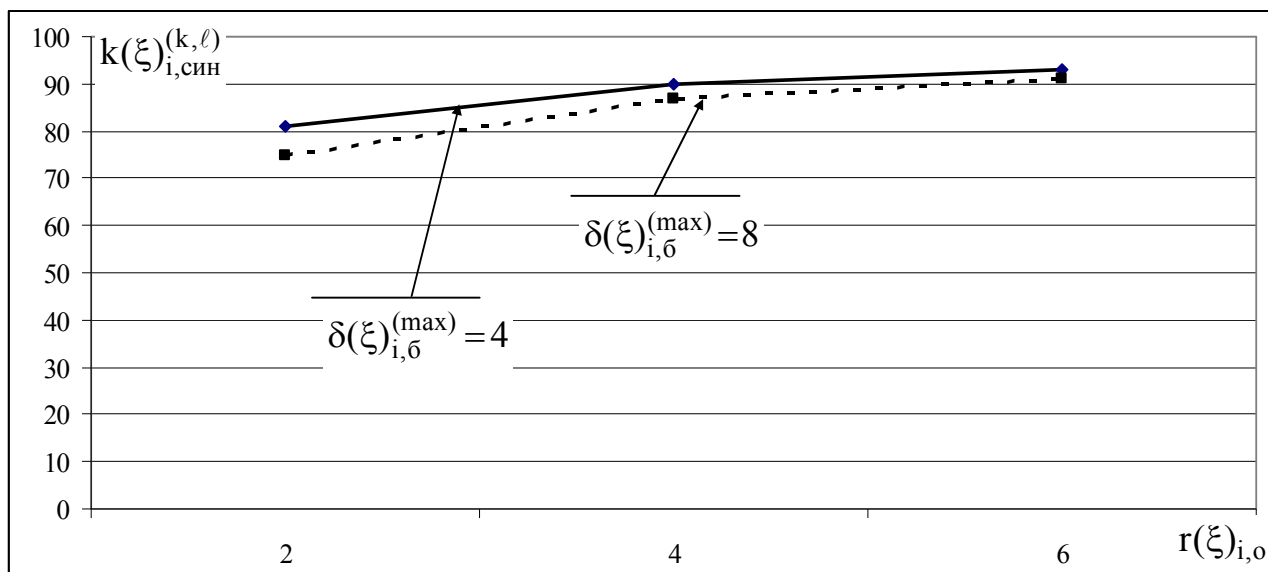


Рис. 4.6. Зависимость величины $k(\xi)_{i,син}^{(k,\ell)}$ от параметров двухбазисного биадического представления

Данные оценки проводились на основе теоретической и экспериментальной обработки сегментов реальных аэроснимков с разной степенью семантической информативностью (Приложение А).

Анализ графиков на рис. 4.6 позволяет сделать следующие заключения:

1) прирост по синтаксической плотности (минимальное количество потенциально устранимой избыточности) для ДББЧ представления относительно исходного синтаксического описания КВП достигает 90%. Увеличение коэффициента прироста зависит от роста длина незначимой составляющей и величин локально-пространственных ограничений для элементов незначимой и контурной составляющей КВП. При уменьшении значений локально-пространственных ограничений в два раза коэффициент прироста по синтаксической плотности повышается на 15%.

3) для варианта отсутствия режима интерполяции незначимой составляющей значение коэффициента прироста по синтаксической плотности достигает 70%.

Значит, по материалам исследований получаются такие заключения:

1. Разработан метод оценки информативности синтаксического представления контурированной видеопоследовательности на основе двухбазисного биадического кодирования. Метод основан на построение аналитических выражений для оценки:

1) синтаксической плотности, т.е. оценки информативности синтаксического представления без учета семантической нагрузки сегмента. В этом случае определяется степень информативности синтаксического представления контурированной видеопоследовательности или вес эффективного синтаксического представления КВП на основе построения ДББЧ. Вес эффективного синтаксического описания является функционалом от количества допустимых контурированных видеопоследовательностей в двухбазисном биадическом пространстве.

Анализ выражения для оценки синтаксической плотности информативного представления контурированной видеопоследовательности с учетом того, что потенциально величина локально-пространственного ограничения для незначимой области будет меньше, чем величина локально-контурного перепада базовой составляющей, позволяет заключить следующее:

- физически синтаксическая плотность в данном случае трактуется как отрезок длины контурированной видеопоследовательности описываемый одним битом двухбазисного биадического представления. Чем выше синтаксическая плотность, тем более эффективное представление КВП формируется;

- синтаксическая плотность представления КВП на основе ДББЧ увеличивается с ростом длины незначимой составляющей, увеличением длины участка интерполяции, снижения значений локально-пространственных ограничений для незначимой и контурной составляющих;

- обеспечивается управление значением синтаксической плотности описания КВП за счет выбора количества опорных элементов незначимой составляющей;

- повышение плотности синтаксического представления КВП достигается в случае выбора двух опорных элементов;

2) величины относительного выигрыша (коэффициент прироста плотности) по синтаксической плотности относительно плотности исходного представления в %. Здесь показано, что коэффициент прироста (эффективности) по синтаксической плотности равен минимальному количеству избыточности, которое потенциально сокращается в результате информативного синтаксического представления КВП. Анализ данной модели позволяет заключить, что коэффициент эффективности по синтаксической плотности будет больше нулевого уровня. Откуда следует вывод об эффективности созданного подхода относительно формирования синтаксического описания контурированной видеопоследовательности.

4. Проведенная оценка коэффициента прироста по синтаксической плотности в зависимости от: длины КВП; длины незначимой составляющей; количества опорных элементов, значения локально-пространственного ограничения для незначимой составляющей, значения локального контурного перепада для контурной составляющей, позволяет сделать следующие заключения:

1) прирост по синтаксической плотности (минимальное количество потенциально устранимой избыточности) для ДББЧ представления относительно исходного синтаксического описания КВП достигает 90%. Увеличение коэффициента прироста зависит от роста длина незначимой составляющей и величин локально-пространственных ограничений для элементов незначимой и контурной составляющей КВП. При уменьшении значений локально-пространственных ограничений в два раза коэффициент прироста по синтаксической плотности повышается на 15%.

3) для варианта отсутствия режима интерполяции незначимой составляющей значение коэффициента прироста по синтаксической плотности достигает 70%.

Поэтому можно сделать вывод о наличии потенциала для разработанного подхода относительно представления КВП двухбазисными биадическими числами для создания эффективного синтаксического представления.

Выводы

Разработана *концепция* информативного синтаксического описания идентифицированных сегментов видеокадров с учетом степени их семантической информативности с сохранением необходимой контурной информации. Для данной концепции достигается формирование синтаксического описания видеокадра, с учетом того, что закономерности по которым устраняется избыточность на уровне синтаксического описания, формируются на уровне семантической обработки. Здесь достигается соответствие между степенью семантической информативности сегмента и уровнем информативности его синтаксического описания.

Построенная концепция основывается на следующих научных результатах.

1. Создана модель формирования неравномерной контурированной видеопоследовательности на основе выявления структурных локально-пространственных характеристик. Модель базируется на выявлении ограниченного локального перепада, как для незначимой составляющей, так и локально-пространственного перепада контурной составляющей. Это позволяет учитывать динамический диапазон яркостных контурных приращений, как между каждой парой ее элементов, так и на границе контура. В результате чего обеспечивается:

1) локальное описание яркостных характеристик контурной информации сегмента в соответствии с его маской;

2) с одной стороны необходимость сохранения информации о локальной контурной составляющей сегмента, а с другой стороны возможность проводить обработку незначимой составляющей с коррекцией, учитывающей требования системы информационной безопасности аэромониторинга;

3) выявление локальной избыточности, обусловленной наличием структурных, статистических и психовизуальных закономерностей.

2. Разработан метод неравномерной сегментации видеокадра на контурированные видеопоследовательности на основе использования знаний о его семантической и структурной информативности. Метод базируется на следующих *механизмах*:

1) композиции сегмента на основе неравномерных контурированных видеопоследовательностей с использованием контурной информации;

2) на основе аналитических соотношений, задающих структурное описание КВП с учетом выявления контурных локальных перепадов в зависимости от: локально-пространственных характеристик элементов контурированной видеопоследовательности; величин локально-контурных перепадов; длины контурной составляющей; количества опорных элементов незначимой составляющей;

3) интерполирующей аппроксимации на основе формирования опорных и аппроксимируемых элементов для незначимой составляющей КВП, который определяется следующими параметрами:

- режим выбора распределения длин участков интерполяции (равномерный и неравномерный);

- длина участка интерполяции, равная количеству интерполируемых элементов между опорными;

- количество опорных элементов для незначимой составляющей;

4) нахождения ограничения на характеристику локального структурного приращения для незначимой составляющей учитывая локально-пространственные зависимости только между опорными элементами.

Для такого подхода обеспечивается следующее:

- чувствительность относительно выявления локального контурного перепада между значимой и базовой составляющими КВП;

- выделение на фоне незначимой составляющей структурных характеристик базовой составляющей, что повысит чувствительность яркостной составляющей контурной информации;

- условия для учета дифференцированности структурных характеристик для синтаксического описания незначимой и контурной составляющих КВП, а именно то, что потенциально они имеют существенные отличия, что обусловлено их значительно отличающейся семантической нагрузкой;

- устранение избыточности на основе интегрирования нескольких закономерностей, выявляемых в контурированной видеопоследовательности, в том числе обусловленные статистическими, структурными и психовизуальными закономерностями.

- учет сведений, содержащихся в маске контурной информации сегмента, с сохранением семантической целостности;

- возможность адаптации процесса выявления структурных закономерностей с учетом неравномерного взаимного позиционирования контурных элементов в маске;

Значит, создаются условия для сохранения семантической целостности сегмента по его контурной информации, и повышения доступности видеoinформационного ресурса в результате увеличения эффективности его синтаксического описания.

3. Разработан метод описания контурированных видеопоследовательностей двухбазисными биадическими числами на основе структурно-позиционного представления их локально-пространственных характеристик. В этом случае первый базис оснований формируется для локально-пространственных характеристик незначимой составляющей, а второй базис строится на основе локально-контурных ограничений ключевой составляющей контурированной видеопоследовательности. В результате двухбазисной структурно-позиционной аппроксимации контурированных видеопоследова-

тельностью формируется вектор оснований, учитывающий следующие особенности образования КВП, а именно:

1) основания для незначимой составляющей зависят от степени когерентности между ее опорными элементами;

2) основания для контурной составляющей определяются локальным перепадом на границе составляющих КВП и степенью неоднородности яркостного описания контурной последовательности);

3) значения оснований для незначимой и контурной составляющими КВП, имеют различное семантическое и структурное происхождение, и могут значительно отличаться друг от друга.

4. Разработан метод аппроксимации контурированных сегментов видеокadra на основе синтеза двухбазисного биадического пространства с учетом независимости генерирования комбинаций по первому позиционному базису с учетом локально-пространственных характеристик незначимой составляющей КВП и второму позиционному базису оснований, строящемуся с учетом наложения спецификаций по локально-контурным ограничениям на элементы ключевой составляющей КВП.

5. Разработан метод оценки синтаксической информативности контурированного сегмента на основе представления контурированной видеопоследовательности двухбазисными биадическими числами в зависимости от: длины КВП; длины незначимой составляющей; количества опорных элементов, значения локально-пространственного ограничения для незначимой составляющей, значения локального контурного перепада для контурной составляющей. С учетом особенностей построения КВП можно заключить следующее:

- физически синтаксическая плотность трактуется как отрезок длины контурированной видеопоследовательности описываемый одним битом двухбазисного биадического представления. Чем выше синтаксическая плотность, тем более эффективное представление КВП формируется;

- синтаксическая плотность представления КВП на основе ДББЧ увеличивается с ростом длины незначимой составляющей, увеличением длины участка интерполяции, снижения значений локально-пространственных ограничений для незначимой и контурной составляющих;

- обеспечивается управление значением синтаксической плотности описания КВП за счет выбора количества опорных элементов незначимой составляющей.

6. Оценка коэффициента прироста по синтаксической плотности, проводимая на основе экспериментальной обработки сегментов реальных аэрофотоснимков с разной степенью семантической информативности, позволяет сделать такие заключения:

1) прирост по синтаксической плотности (минимальное количество потенциально устранимой избыточности) для ДББЧ представления относительно исходного синтаксического описания КВП достигает 90%. Увеличение коэффициента прироста зависит от роста длина незначимой составляющей и величин локально-пространственных ограничений для элементов незначимой и контурной составляющей КВП. При уменьшении значений локально-пространственных ограничений в два раза коэффициент прироста по синтаксической плотности повышается на 15%.

2) для варианта отсутствия режима интерполяции незначимой составляющей значение коэффициента прироста по синтаксической плотности достигает 70%.

Основные научно-прикладные результаты исследований данного раздела изложены в следующих научных трудах [24 – 27; 32; 192; 217].

РАЗДЕЛ 5

МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕОСНИМКА С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ

В разделе проводится разработка теоретических основ для создания методов повышения безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной обработки видеокадров на уровне информативного синтаксического описания с автоматической идентификацией их семантического содержания по контурной информации.

Создается метод формирования кодового идентификатора синтаксического представления для контурированных видеопоследовательностей на основе использования информации о локально-пространственных ограничениях. Излагается синтез метода создания информативного синтаксического представления видеокадра.

Строится метод формирования двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания на основе стратегии неравномерного кододоброобразования для кодовых значений контурированных видеопоследовательностей в двоичное пространство.

Синтезируется метод верификации концепций обработки ВИР с учетом предварительной их интеллектуальной идентификации по степени семантической информативности и соответствующего по синтаксической плотности кодирования. Осуществляется формирование технологии интеграции кодовых конструкций концепции формирования информативного синтаксического представления сегментов в систему обработки ВИР.

5.1. Разработка метода создания информативного синтаксического представления КВП на основе двухбазисного биадического кодирования

Формирование кодового представления контурированной видеопоследовательности $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$ предлагается проводить с учетом следующих особенностей [27; 30; 37; 140; 143; 145; 146; 150; 154; 157; 192; 217; 220]:

- 1) обеспечения эффективного синтаксического представления КВП на основе структурной информации о локальных контурных перепадах;
- 2) обработка незначимой составляющей КВП проводится по опорным элементам;
- 3) количество и позиции элементов незначимой и контурной составляющих КВП определяется соответствующей маской $M(\xi)_i^{(k,\ell)}$ контурной информации.

Для создания эффективного синтаксического представления, контурированная видеопоследовательность представляется в виде двухбазисного биадического числа $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$, $A(\xi)_i^{(k,\ell)} = A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)} \cup A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$, длиной $r(\xi)_i'$, на основе функционала выявления ограничений $F(\Psi^{(1)}) = \{F(\Psi_{i,0}^{(k,\ell)}); F(\Psi_{i,0}^{(k,\ell)})\}$, а именно:

- 1) первый биадический базис $\{\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,0}\}$, где функционал $F(\Psi_{i,0}^{(k,\ell)})$:

$$\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = \begin{cases} H(\xi)_{i,0}, & \rightarrow j=1; \\ 2\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1, & \rightarrow j = \overline{2, r(\xi)_{i,0}}; \end{cases} \quad (5.1)$$

$$H(\xi)_{i,0} = \max_{1 \leq j \leq r(\xi)_{i,0}} a_{i,j}^{(k,\ell)} + 1 \quad (5.2)$$

$$\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} = \max_{2 \leq j \leq r(\xi)_{i,0}} (|a_{i,j}^{(k,\ell)} - a_{i,j-1}^{(k,\ell)}|), \quad (5.3)$$

$$r(\xi)_{i,0} = \left\lceil r(\xi)_{i,H} / (v(\xi)_i + 1) \right\rceil \quad (5.4)$$

задает ограничения на элементы $a_{i,j}^{(k,\ell)}$, $j = \overline{1, r(\xi)_{i,0}}$ допустимых незначимых составляющих (биадических чисел $A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$, $A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)} = \{a_{i,1}^{(k,\ell)}, \dots, a_{i,j}^{(k,\ell)}, \dots, a_{i,r(\xi)_{i,0}}^{(k,\ell)}\}$), описываемых следующей системой формул:

$$\Psi_{i,0}^{(k,\ell)} : \begin{cases} a_{i,1}^{(k,\ell)} \leq \delta(\xi)_{i,0}^{(1)} = H(\xi)_{i,0} - 1; \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} - \delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} \leq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, \rightarrow j = \overline{2, r(\xi)_{i,0}}; \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} + \delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} \geq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, \rightarrow j = \overline{2, r(\xi)_{i,0}}; \end{cases} \quad (5.5)$$

2) второй биадический базис $\{\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,\delta}\}$, описываемый соотношениями в соответствии с функционалом $F(\Psi_{i,\delta}^{(k,\ell)})$:

$$\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = \begin{cases} 2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,H}+1)} + 1, \rightarrow j = r(\xi)_{i,H} + 1; \\ 2\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1, \rightarrow j = \overline{r(\xi)_{i,H} + 2, r(\xi)_i}; \end{cases} \quad (5.6)$$

$$\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,H}+1)} = |a_{i,r(\xi)_{i,H}+1}^{(k,\ell)} - a_{i,r(\xi)_{i,H}}^{(k,\ell)}|; \quad (5.7)$$

$$\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} = \max_{r(\xi)_{i,H}+1 \leq j \leq r(\xi)_i} (|a_{i,j}^{(k,\ell)} - a_{i,j-1}^{(k,\ell)}|); \quad (5.8)$$

$$r(\xi)_i = r(\xi)_{i,H} + r(\xi)_{i,\delta} \quad (5.9)$$

задает ограничения на элементы $a_{i,j}^{(k,\ell)}$, $j = \overline{r(\xi)_{i,n} + 2, r(\xi)_i}$ допустимых базовых составляющих (биадических чисел $\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$), описываемых следующей системой формул:

$$\Psi_{i,\delta}^{(k,\ell)} : \begin{cases} a_{i,1}^{(k,\ell)} \leq \delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,n}+1)}, & \rightarrow j = r(\xi)_{i,n} + 1; \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} - \delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} \leq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, & \rightarrow j = \overline{r(\xi)_{i,n} + 2, r(\xi)_i}; \\ a_{i,j}^{(k,\ell)} + \delta(\xi)_{i,n}^{(\max)} \geq a_{i,j-1}^{(k,\ell)}, & \rightarrow j = \overline{r(\xi)_{i,n} + 2, r(\xi)_i}. \end{cases} \quad (5.10)$$

Здесь $r(\xi)_i'$ - длина контурированной видеопоследовательности $\Lambda(\xi)_i'^{(k,\ell)}$ с интерполяцией незначимой составляющей, $r(\xi)_i' = r(\xi)_{i,0} + r(\xi)_{i,\delta}$; $v(\xi)_i$ - длина аппроксимируемого участка; $\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)}$, $\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)}$ - значения локальных контурных перепадов соответственно для незначимой и базовой (контурной) составляющей ξ -й КВП; $\delta(\xi)_{i,\delta}^{(r(\xi)_{i,n}+1)}$ - контурное приращение на границе между незначимой и контурной составляющей КВП, $j = r(\xi)_{i,n} + 1$; $H(\xi)_{i,n}$ - диапазон значений элементов незначимой составляющей для ξ -й КВП.

Структурно-функциональная схема модели источника генерирования контурированных видеопоследовательностей, рассматриваемых как двух-базисные биадические числа, приведена на рис. 5.1.

На рис. 5.1. показано, что для строк видеокadra $S^{(k,\ell)}$ проводится сегментирование на контурированные видеопоследовательности с последующим формированием двух базисов в биадическом пространстве $\{\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,0}\}$ и $\{\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,\delta}\}$ соответственно для незначимой



Рис. 5.1. Структурно-функциональная схема модели источника генерирования двухбазисных биадических чисел

$A(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и контурной $A(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)}$ составляющих КВП $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$. В результате чего осуществляется генерирование множеств $\Omega(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Omega(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)}$ допустимых двухбазисных биадических чисел $\Omega'(\xi)_i^{(k,\ell)}$.

В этих условиях сформулируем и докажем следующую теорему для формирования кодового идентификатора синтаксического представления контурированной видеопоследовательности [27; 30; 37].

Теорема о кодовом значении КВП (формировании функционала $F(\Psi^{(1)})_k^{(1)}$). Кодовое значение $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ для неравномерной контурированной видеопоследовательности $A'(\xi)_i^{(k,\ell)}$ с маской $M(\xi)_i^{(k,\ell)}$ по опорным элементам с учетом вектора $\Delta(\xi)_i$ локальных контурных перепадов для варианта, когда индексация элементов КВП проводится без привязки к текущей позиции в строке, т.е. индексация элементов проводится внутри ξ -й контурированной видеопоследовательности, определяется по следующему соотношению:

$$E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) = \sum_{\tau=1}^{r(\xi)_{i,0}-1} a_{i,\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,0}-\tau} (\delta(\xi)_{i,6}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,6}} + \sum_{\tau=r(\xi)_{i,H}+1}^{r(\xi)_i} a_{i,\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,6}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,6}+r(\xi)_{i,H}-\tau}. \quad (5.11)$$

Здесь $\Delta(\xi)_i$ - вектор локальных контурных перепадов для КВП

$$\Delta(\xi)_i = \{\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)}; \delta(\xi)_{i,6}^{(\max)}\}.$$

Доказательство. В соответствии с принятым лексикографическим правилом определим количество $W(a_{i,1}^{(k,\ell)}; a_{i,2}^{(k,\ell)}, \dots, a_{i,\tau-1}^{(k,\ell)})_{r(\xi)_i}$ двухбазисных биадических чисел длиной $r(\xi)_i$ в условиях когда: первые $(\tau - 1)$ элементов фик-

сированы и равны соответственно $(a_{i,1}^{(k,\ell)}; a_{i,2}^{(k,\ell)}, \dots, a_{i,\tau-1}^{(k,\ell)})$. Тогда величина $W(a_{i,1}^{(k,\ell)}; a_{i,2}^{(k,\ell)}, \dots, a_{i,\tau-1}^{(k,\ell)})_{r(\xi)_i'}$ находится как количество перестановок с повторениями, составленное из $(r(\xi)_i' - \tau + 1)$ элементов ДББЧ, значения которых ограничены соответствующими компонентами векторов оснований $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Lambda(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)}$. На основе чего получим

$$W(a_{i,1}^{(k,\ell)}; a_{i,2}^{(k,\ell)}, \dots, a_{i,\tau-1}^{(k,\ell)})_{r(\xi)_i'} = \prod_{j=\tau}^{r(\xi)_i'} \lambda(\xi)_{i,\tau}^{(k,\ell)},$$

где $r(\xi)_i' = r(\xi)_{i,0} + r(\xi)_{i,6}$ - длина контурированной видеопоследовательности $A(\xi)_i^{(k,\ell)}$ с интерполяцией незначимой составляющей;

$\lambda(\xi)_{i,\tau}^{(k,\ell)}$ - основание τ -го элемента ДББЧ, задаваемое системами фор-

мул:

$$\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = \begin{cases} H(\xi)_{i,0} = \max_{1 \leq j \leq r(\xi)_{i,0}} a_{i,j}^{(k,\ell)} + 1, & \rightarrow j=1; \\ 2\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1 = 2 \max_{2 \leq j \leq r(\xi)_{i,0}} (|a_{i,j}^{(k,\ell)} - a_{i,j-1}^{(k,\ell)}|) + 1, & \rightarrow j = \overline{2, r(\xi)_{i,0}}; \end{cases}$$

$$\lambda(\xi)_{i,j}^{(k,\ell)} = \begin{cases} 2\delta(\xi)_{i,6}^{(r(\xi)_{i,H}+1)} + 1 = 2|a_{i,r(\xi)_{i,H}+1}^{(k,\ell)} - a_{i,r(\xi)_{i,H}}^{(k,\ell)}| + 1, \\ \rightarrow j = r(\xi)_{i,H} + 1; \\ 2\delta(\xi)_{i,6}^{(\max)} + 1 = 2 \max_{r(\xi)_{i,H}+1 \leq j \leq r(\xi)_i} (|a_{i,j}^{(k,\ell)} - a_{i,j-1}^{(k,\ell)}|) + 1, \\ \rightarrow j = \overline{r(\xi)_{i,H} + 2, r(\xi)_i}. \end{cases}$$

При этом учитывая второе свойства ДББЧ, весовой коэффициент текущей последовательность КВП можно разбить на два сомножителя, соот-

ветствующие весам незначимой и контурной составляющих. Учитывая данное свойство, а также выражения для оснований ДББЧ, получим

$$W(a_{i,1}^{(k,\ell)}; a_{i,2}^{(k,\ell)}, \dots, a_{i,\tau-1}^{(k,\ell)})_{r(\xi)_i} = (\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,0} - \tau + 1} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}}.$$

Последовательности, удовлетворяющие перечисленным свойствам, образуют множество $\Omega(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i' - \tau + 1)$ двухбазисных биадических чисел. Данные последовательности будут предшествовать обрабатываемому ДББЧ, и в соответствии с лексикографическим правилом иметь меньшие порядковые номера в допустимом множестве $\Omega'(\xi)_i^{(k,\ell)}$. В тоже время с учетом четвертого свойства ДББЧ текущую последовательность КВП можно разбить на две последовательности, образуемые незначимой и контурной составляющей. После чего проведя суммирование по всем τ , где $\tau = \overline{1, r(\xi)_i'}$, получим

$$\begin{aligned} E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) &= \sum_{\tau=1}^{r(\xi)_i'} a_{i,\tau}^{(k,\ell)} W(a_{i,1}^{(k,\ell)}; a_{i,2}^{(k,\ell)}, \dots, a_{i,\tau-1}^{(k,\ell)})_{r(\xi)_i} = \\ &= \sum_{\tau=1}^{r(\xi)_{i,0}} a_{i,\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,0}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,0} - \tau} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}} + \\ &\quad + \sum_{\tau=r(\xi)_{i,\delta}+1}^{r(\xi)_i} a_{i,\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta} + r(\xi)_{i,\delta} - \tau}. \end{aligned}$$

Для первого слагаемого правой части данного соотношения индексация элементов осуществляется по опорным элементам незначимой составляющей КВП. Для второго слагаемого индексация элементов проводится с учетом позиций контурной составляющей в исходном КВП до аппроксимации, т.е. относительно начиная с позиции $(r(\xi)_{i,\delta} + 1)$.

Теорема доказана.

На основе доказанной теоремы можно получить значения кодов $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ для разных вариантов индексации элементов ДББЧ. Здесь возможны следующие основные варианты:

1. Индексация элементов ДББЧ проводится с учетом текущей j -й позиции в i -й строке, но без учета позиций опорных элементов незначимой составляющей, т.е.

$$E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) = \sum_{\tau=0}^{r(\xi)_{i,o}-1} a_{i,j+\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,o}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}-\tau-1} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}} + \sum_{\tau=1}^{r(\xi)_{i,\delta}} a_{i,r(\xi)_{i,H}+\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}-\tau}. \quad (5.12)$$

2. Индексация организуется: с учетом текущей j -й позиции элемента в i -й строке; с учетом позиций опорных элементов в незначимой составляющей КВП. В этом случае получим такое соотношение:

$$E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) = \sum_{\tau=0}^{r(\xi)_{i,o}-1} a_{i,j+\tau v(\xi)_i}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,o}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}-\tau-1} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}} + \sum_{\tau=1}^{r(\xi)_{i,\delta}} a_{i,r(\xi)_{i,H}+\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}-\tau}. \quad (5.13)$$

Для свертки двух слагаемых правой части полученного соотношения в одно выражение, *предлагается* ввести *признак интервала*, т.е. признак того, что позиция τ -го текущего обрабатываемого элемента не вышла за пределы незначимой последовательности, т.е. $\tau \leq r(\xi)_{i,o}$. Это задается таким функционалом $\varphi(\tau; r(\xi)_{i,o})$:

$$\varphi(\tau; r(\xi)_{i,o}) = \text{sign}(1 - \text{sign}(\tau - r(\xi)_{i,o})) = \begin{cases} 1, & \rightarrow \tau \leq r(\xi)_{i,o}; \\ 0, & \rightarrow \tau > r(\xi)_{i,o}. \end{cases}$$

Далее введем обозначения обратного функционала $\overline{\varphi(\tau; r(\xi)_{i,o})}$:

$$\overline{\varphi(\tau; r(\xi)_{i,o})} = 1 - \varphi(\tau; r(\xi)_{i,o}) = (1 - \text{sign}(1 - \text{sign}(\tau - r(\xi)_{i,o}))).$$

С учетом чего получим обобщенное выражение

$$\begin{aligned} E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) &= \sum_{\tau=0}^{r(\xi)_i} a_{i,j+\tau v(\xi)_i}^{(k,\ell)} \text{sign}(1 - \text{sign}(\tau - r(\xi)_{i,o})) + (\tau - r(\xi)_{i,o} + r(\xi)_{i,H})(1 - \text{sign}(1 - \text{sign}(\tau - r(\xi)_{i,o}))) \times \\ &\quad \times (\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} + 1)^{(r(\xi)_{i,o} - \tau - 1) \text{sign}(1 - \text{sign}(\tau - r(\xi)_{i,o}))} \times \\ &\quad \times (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta} - (\tau - r(\xi)_{i,o} + r(\xi)_{i,H})(1 - \text{sign}(1 - \text{sign}(\tau - r(\xi)_{i,o})))} \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) &= \sum_{\tau=0}^{r(\xi)_i} a_{i,j+\tau v(\xi)_i}^{(k,\ell)} \varphi(\tau; r(\xi)_{i,o}) + (\tau - r(\xi)_{i,o} + r(\xi)_{i,H})(1 - \varphi(\tau; r(\xi)_{i,o})) \times \\ &\quad \times (\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} + 1)^{(r(\xi)_{i,o} - \tau - 1) \varphi(\tau; r(\xi)_{i,o})} \times \\ &\quad \times (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta} - (\tau - r(\xi)_{i,o} + r(\xi)_{i,H})(1 - \varphi(\tau; r(\xi)_{i,o}))}. \end{aligned}$$

В базисе формализованных множеств цепочка обработки синтаксического представления контурированной последовательности будет выглядеть следующим образом:

1) функциональное преобразование $\Psi^{(1)} = \Delta(\xi)_i$ относительно выявления ограничений для синтаксического представления КВП $A'(\xi)_i^{(k,\ell)}$;

2) функциональное преобразование $F(\Psi^{(1)}) = \{F(\Psi_{i,o}^{(k,\ell)}); F(\Psi_{i,\delta}^{(k,\ell)})\}$ относительно метода выявления множества закономерностей $\Psi^{(1)} = \Delta(\xi)_i$:

$$F(\Psi^{(1)}): \{S(\xi)_i^{(k,\ell)}; M(\xi)_{i,кл}^{(k,\ell)}\} \rightarrow \Psi^{(1)} = \{\delta(\xi)_{i,н}^{(max)}; \delta(\xi)_{i,б}^{(max)}\};$$

$$\text{для } S(\xi)_i^{(k,\ell)} = A(\xi)_i^{(k,\ell)};$$

3) функциональное преобразование $F(\Psi^{(1)})_{\kappa}^{(1)}$, задающее метод кодирования (синтаксического преобразования, соответствующего семантического содержания) ВИР с учетом множества $\Psi^{(1)} = \Delta(\xi)_i$ выявленных закономерностей, задается как:

$$F(\Psi^{(1)})_{\kappa}^{(1)} = f(\{\Lambda(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,o}\}; \{\Lambda(\xi)_{i,б}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,б}\})$$

$$F(\Psi^{(r)})_{\kappa}^{(r)}: \{S; M_{кл}; \Psi^{(r)}\} \rightarrow W$$

Соответственно отображение в эффективное (информативное) синтаксическое представление $W(\xi)_i^{(k,\ell)} = E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ формируется с учетом $S(\xi)_i^{(k,\ell)} = A'(\xi)_i^{(k,\ell)}$; $M_{кл} = M(\xi)_i^{(k,\ell)}$; $\Psi^{(1)} = \Delta(\xi)_i$ по следующему соотношению:

$$F(\Psi^{(1)})_{\kappa}^{(1)}: \{A'(\xi)_i^{(k,\ell)}; M(\xi)_i^{(k,\ell)}; \Delta(\xi)_i\} \rightarrow W(\xi)_i^{(k,\ell)} = E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i).$$

Граф-схема процесса вычисления кодового значения $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ для неравномерной контурированной видеопоследовательности $A'(\xi)_i^{(k,\ell)}$ с маской $M(\xi)_i^{(k,\ell)}$ с учетом функционала $\varphi(\tau; r(\xi)_{i,o})$ рассматривается на рис. 5.2.

Соответствующая структурная схема процесса формирования информативного синтаксического представления сегментов видеокadra с учетом концепции оценки семантической информативности, представлена на рис. 5.3.

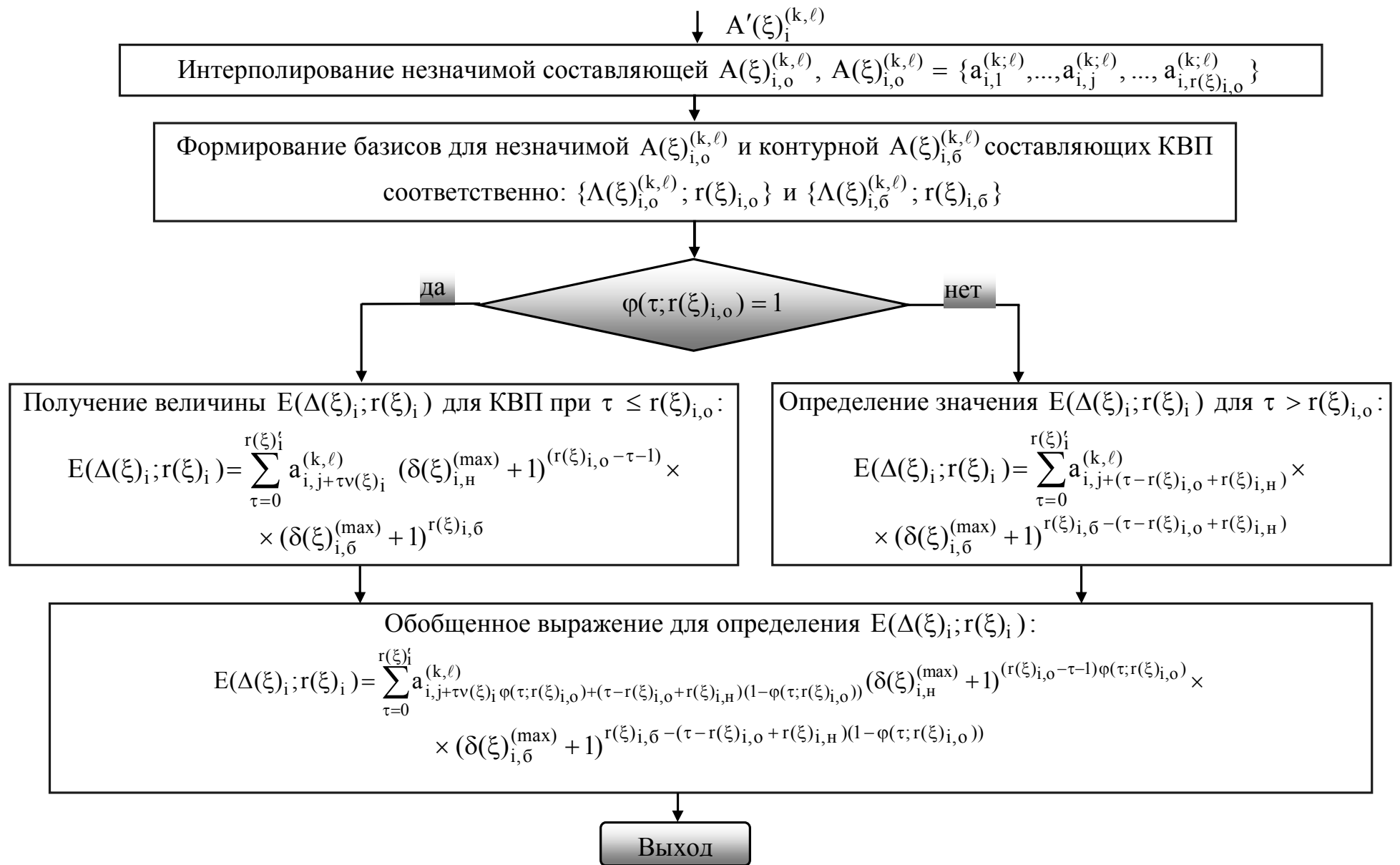


Рис. 5.2. Граф-схема процесса вычисления кодового значения для КВП, генерируемой как ДББЧ



Рис. 5.3. Схема процесса формирования информативного синтаксического представления сегментов видеокадра с учетом концепции оценки семантической информативности

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Обосновано, что кодового представления контурированной видео-последовательности требуется проводить с учетом следующих особенностей:

1) обеспечения эффективного синтаксического представления КВП на основе структурной информации о локальных контурных перепадах;

2) обработка незначимой составляющей КВП проводится по опорным элементам;

3) количество и позиции элементов незначимой и контурной составляющих КВП определяется соответствующей маской $M(\xi)_i^{(k,\ell)}$ контурной информации.

2. Разработан метод создания информативного синтаксического представления статических видеоинформационных ресурсов. Данный метод основан на следующих концептуальных составляющих:

- композиции незначимой и контурной составляющих яркостного описания сегмента как контурированной видеопоследовательности;

- сегментации видеокadra по контурированным видеопоследовательностям на основе информации о маски контурной информации;

- аппроксимацию контурированной видеопоследовательности двухбазисным биадическим числом с ограничениями на локально-пространственные характеристики КВП;

- технология двухбазисного биадического кодирования, обеспечивающее формирование кодового значения информативного синтаксического представления для неравномерной контурированной видеопоследовательности с маской по опорным элементам с учетом вектора локальных контурных перепадов для варианта, когда индексация элементов КВП проводится без привязки к текущей позиции в строке, т.е. индексация элементов проводится внутри контурированной видеопоследовательности.

3. Построена технологическая реализация режимов кодирования контурированных видеопоследовательностей, когда: индексация элементов ДББЧ проводится с учетом текущей позиции элемента в строке, но без учета

позиций опорных элементов незначимой составляющей; индексация элементов организуется: с учетом текущей позиции элемента в строке с учетом позиций опорных элементов в незначимой составляющей КВП. Это обеспечивает возможность интегрирования созданного информативного представления в различных условиях построение базовой платформы обработки видеокадров.

4. Создан метод кодирования двухбазисных биадических чисел с учетом свертки кодовых составляющих незначимой и контурной составляющих КВП в единое число на основе функционала, задающего признак интервала КВП, т.е. признак идентификации позиций элементов относительно незначимой и контурной составляющих.

Рассмотрим теперь этап, связанный с построением двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания $W(\xi)_i^{(k,\ell)}$. Здесь необходимо разработать правило $F(L(\xi)_i^{(k,\ell)})$ формирования двоичного кодового представления $L(\xi)_i^{(k,\ell)}$ для кодовых конструкций $W(\xi)_i^{(k,\ell)}$.

5.2. Построение метода формирования двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания

Рассмотрим теперь этап, связанный с построением двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания $C(\xi)_i^{(k,\ell)}$. Здесь необходимо разработать правило $F(L(\xi)_i^{(k,\ell)})$ формирования двоичного кодового представления $L(\xi)_i^{(k,\ell)}$ для кодовых конструкций $C(\xi)_i^{(k,\ell)}$ [27; 30].

Как следует из выражений (5.11) кодовое значение $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ контурированной видеопоследовательности $A'(\xi)_i^{(k,\ell)}$ зависит от ряда параметров, к которым относятся следующие:

- компоненты векторов оснований $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$ и $\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$;
- длина $r(\xi)_{i,n}$ незначимой составляющей КВП;
- количество $r(\xi)_{i,0}$ опорных элементов;
- количество $r(\xi)_{i,\delta}$ контурных элементов.

С другой стороны в зависимости от содержания маски контурной информации и от яркостных характеристик контурированных сегментов значения данных параметров будет изменяться. Это приводит неравномерности значений кодов $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ для разных контурированных видеопоследовательностей, т.е.

$$E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) \xrightarrow{\xi; i} \text{var}.$$

В связи с чем, для кодирования величин $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ в двоичное пространство требуется использовать стратегию неравномерного выделения количества бит. При этом необходимо обеспечивать *соотношение* между исключением внесения количества кодовой избыточности и потерями целостности по причине не соответствия режима двоичного кодирования.

Для установления такого соответствия сформулируем и докажем следующую теорему.

Теорема (о соответствии режима двоичного кодирования в системе ДББЧ). Значение кода $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ контурированной видеопоследовательности для заданных значений параметров $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$, $\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$, $r(\xi)_{i,n}$, $r(\xi)_{i,0}$ и $r(\xi)_{i,\delta}$, ограничена сверху величиной $W(\xi)_i^{(k,\ell)}$:

$$E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) \leq W(\xi)_i^{(k,\ell)} = (\delta(\xi)_{i,n}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,0}} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}} - 1 \quad (5.14)$$

где $W(\xi)_i^{(k,\ell)}$ - количество двухбазисный биадических чисел с ограничениями $\Lambda(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$, $\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$, $r(\xi)_{i,n}$, $r(\xi)_{i,o}$ и $r(\xi)_{i,\delta}$.

Доказательство. В соответствии с четвертым свойством ДББЧ и выражение для кодового значения $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ разбивается на два слагаемых $E(A(\xi)_{i,o/\kappa}^{(k,\ell)})$ и $E(A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)})$, т.е.

$$\begin{aligned} E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) &= E(A(\xi)_{i,o/\kappa}^{(k,\ell)}) + E(A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}) = \\ &= \sum_{\tau=1}^{r(\xi)_{i,o}-1} a_{i,\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,n}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}-\tau} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}} + \\ &+ \sum_{\tau=r(\xi)_{i,n}+1}^{r(\xi)_i} a_{i,\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}+r(\xi)_{i,n}-\tau}, \end{aligned} \quad (5.15)$$

каждое из которых представляет собой кодовое значение для биадических чисел, сформированных соответственно для незначимой $A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$ в условиях наличия контурной составляющей и контурной $A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$ составляющих КВП.

Поскольку вес контурной составляющей КВП равен $(\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}}$, то кодовое значение $E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)})$ незначимой составляющей $A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$ в независимости от наличия контурной составляющей будет задаваться формулой

$$E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}) = \sum_{\tau=1}^{r(\xi)_{i,o}-1} a_{i,\tau}^{(k,\ell)} (\delta(\xi)_{i,n}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}-\tau}.$$

В свою очередь, по свойствам биадического представления кодовые значения $E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)})$ и $E(A(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)})$ в соответствующих базисах $\Lambda(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$ и $\Lambda(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}$ будут иметь такие ограничения сверху [27; 30]:

$$E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}) \leq W(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)} - 1 = (\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}} - 1; \quad (5.16)$$

$$E(A(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)}) \leq W(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)} - 1 = (\delta(\xi)_{i,\bar{o}}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\bar{o}}} - 1. \quad (5.17)$$

Здесь $W(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}$, $W(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)}$ - количество комбинаций, которое можно составить соответственно для генерирования незначимых последовательностей по базису $\{\Lambda(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,o}\}$ и для генерирования контурных последовательностей по базису $\{\Lambda(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)}; r(\xi)_{i,\bar{o}}\}$.

Запишем теперь выражение (5.15) для значения $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ с учетом соотношений для кодов $E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)})$ и $E(A(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)})$, и получим

$$\begin{aligned} E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) &= E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}) (\delta(\xi)_{i,\bar{o}}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\bar{o}}} + E(A(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)}) = \\ &= E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}) W(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)} + E(A(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)}). \end{aligned} \quad (5.18)$$

В свою очередь как показывает анализ соотношения (5.18), данная запись соответствует кодовому значению для укрупненного двухэлементного биадического числа $\{E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}); E(A(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)})\}$ с основаниями, соответственно задаваемыми неравенствами (5.16) и (5.17), т.е.

$$W(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)} = (\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}}; \quad W(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)} = (\delta(\xi)_{i,\bar{o}}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\bar{o}}}.$$

Тогда согласно свойствам биадического числа для значения $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ как кода биадического числа $\{E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}); E(A(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)})\}$ верхним ограничением является следующая величина:

$$E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i) = E(A(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}) W(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)} + E(A(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)}) \leq W(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)} W(\xi)_{i,\bar{o}}^{(k,\ell)} - 1 =$$

$$= (\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}} - 1.$$

Что и требовалось доказать.

На основе соотношения (5.14), доказанного в теореме можно определить максимальное количество $V(\xi)_{i,\max}^{(k,\ell)}$ разрядов на двоичное кодирование $L(\xi)_i^{(k,\ell)}$ кодового значения $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ для ξ -й контурированной видеопоследовательности i -й строки $(k; \ell)$ -го сегмента видеокadra. Данное выражение имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} V(\xi)_{i,\max}^{(k,\ell)} &= [\log_2 W(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)} W(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)} - 1] + 1 = \\ &= [\log_2 ((\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}} (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}} - 1)] + 1 \approx \\ &\approx \log_2 (\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,o}} + \log_2 (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1)^{r(\xi)_{i,\delta}} = \\ &= r(\xi)_{i,o} \log_2 (\delta(\xi)_{i,H}^{(\max)} + 1) + r(\xi)_{i,\delta} \log_2 (\delta(\xi)_{i,\delta}^{(\max)} + 1). \end{aligned}$$

В данном случае правило $F(L(\xi)_i^{(k,\ell)})$ формирования двоичного кодового представления $L(\xi)_i^{(k,\ell)}$ задается соотношением:

$$F(L(\xi)_i^{(k,\ell)}) : \{E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i); W(\xi)_{i,o}^{(k,\ell)}; W(\xi)_{i,\delta}^{(k,\ell)}\} \rightarrow L(\xi)_i^{(k,\ell)}.$$

Структурная схема функционала двоичного кодирования для формирования кодограмм двухбазисных биадических кодовых значений рассматривается на рис. 5.4.

Для определения величины $V(\xi)_{i,\max}^{(k,\ell)}$, согласно доказанной теореме, не требуется знание дополнительной служебной информацией. Используется служебные данные, которые необходимы для непосредственно вычисления



Рис. 5.4. Структурная схема функционала двоичного кодообразования для формирования кодограмм двухбазисных биадических кодовых значений

кодированного значения $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$. Соответственно служебными данными будут $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$, $\Lambda(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)}$, $r(\xi)_{i,n}$, $r(\xi)_{i,0}$ и $r(\xi)_{i,6}$ (рис. 5.5).

Служебная информация делится на две группы (рис. 5.5):

- в первую группу входят сведения, которые формируются в процессе обработки сегмента на других этапах, но используется и для ДБЧ представления. Сюда относится следующая информация: длина $r(\xi)_i$ КВП; количество $r(\xi)_{i,0}$ опорных элементов незначимой составляющей КВП; количество $r(\xi)_{i,6}$ контурных элементов КВП (на рис. 5.5. такие блоки выделены пунктиром);

- вторую группу образует служебная информация, которая непосредственно образуется в процессе двухбазисного биадического кодирования. К ней относятся: вектора оснований $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$, $\Lambda(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)}$ соответственно для незначимой и контурной составляющих КВП.

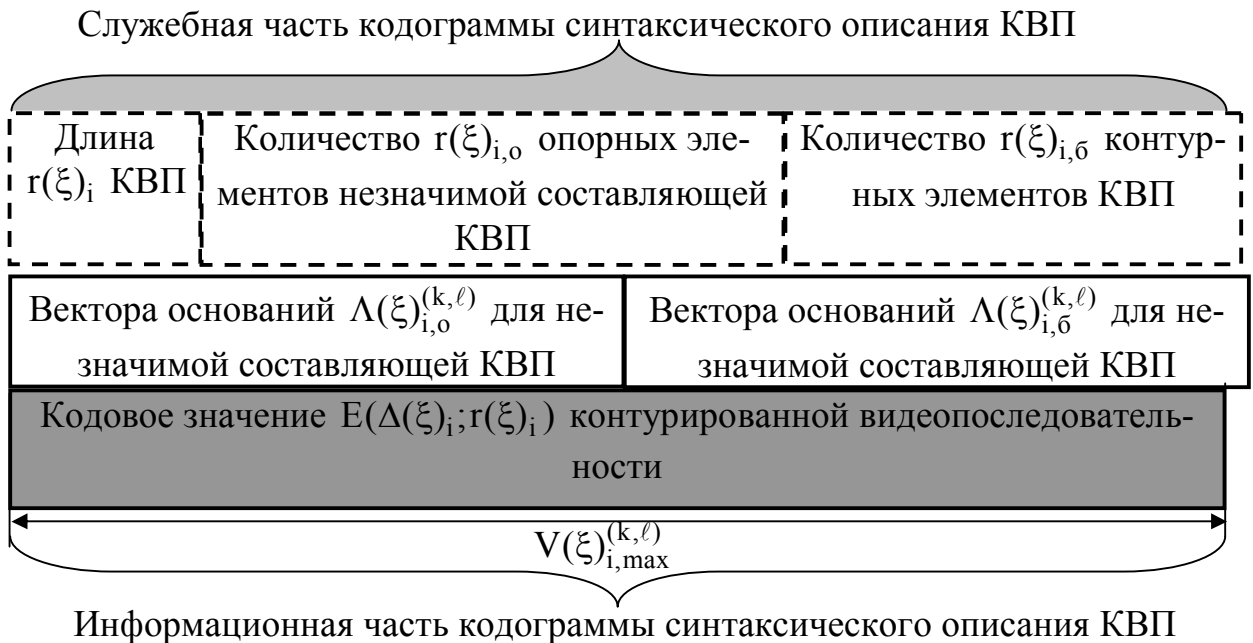


Рис. 5.5. Структура кодограммы информативного синтаксического описания (ξ) -й КВП

На основе проведенных исследований формируются следующие заключения:

1. Обоснована необходимость организации стратегии неравномерного выделения количество бит для кодообразование кодовых значений контурованных видеопоследовательностей в двоичное пространство. Это обеспечивает соотношение между исключением внесения количества кодовой избыточности и потерями целостности по причине не соответствия режима двоичного кодообразования.

2. Создано соответствие режима двоичного кодообразования в системе генерирования двухбазисных биадических чисел на основе учета того, что значение кода контурованной видеопоследовательности для заданных значений параметров структурных локально-пространственных ограничений ее незначимой и базовой составляющих, ограничена сверху величиной, равной количеству двухбазисный биадических чисел с ограничениями.

3. Разработано правило двоичного кодообразования, базирующееся на соотношении между максимальным количеством разрядов на двоичное кодообразование кодового значения контурованной видеопоследовательности сегмента видеокadra. Доказано, что для определения максимального количества разрядов на двоичное кодообразование не требуется знание дополнительной служебной информацией. Используются служебные данные, которые необходимы для непосредственно вычисления кодового значения КВП.

4. Показано, что в процессе двоичного кодообразования в двухбазисном биадическом пространстве используются две группы служебной информации, а именно:

- в первую группу входят сведения, которые формируются в процессе обработки сегмента на других этапах, но используется и для ДББЧ представления;

- вторую группу образует служебная информация, которая непосредственно образуется в процессе двухбазисного биадического кодирования.

5.3. Верификация созданного кодирования в общей технологии обработки статических ВИР

Верификация разработанного кодирования в систему формирования информативного синтаксического описания видеокадра с учетом их идентификации по степени семантической информативности подразумевает процесс интегрирования, для которого требуется обеспечить [149; 150]:

1. Заданный уровень семантической целостности получаемых после реконструкции статических ВИР. Требуется, чтобы интегрируемая технология не должна снижать уровень целостности ВИР, который устанавливается для всей системы обработки.

2. Необходимый уровень информативности синтаксического описания, отвечающий требованиям по доступности статического ВИР в системах аэромониторинга. Требуется обеспечить автоматическое соответствие между уровнем семантической информативности сегментов и формируемой в результате кодирования КВП уровнем синтаксической информативности.

3. Возможность обработки служебных данных, формируемых внедряемой технологией кодирования, базовыми средствами для созданной системы обработки видеокадра. Требуется обеспечить совместимость средств обработки служебных данных в созданной системе для служебных сведений интегрируемой технологии.

Рассмотрим технологические аспекты, которые лежат в обеспечении данных условий.

Обработка сегментов проводится с учетом предварительной их интеллектуальной идентификации по степени семантической информативности. В результате строится карта (маска) контурной информации сегмента и его семантический идентификатор. Эта информация используется на втором концептуальном этапе обработки ВИР, а именно.

Во-первых, на основе маски контурной информации проводится сегментирование видеокadra на контурированные видеопоследовательности. Здесь маска обеспечивает установление взаимоднозначного позиционирования незначимой и контурной составляющих контурированных видеопоследовательностей. Значит, введение дополнительной служебной информации относительно позиционирования составляющих КВП не требуется.

Во-вторых, маска обеспечивает установление длины и режима аппроксимации незначимой составляющей. Это позволяет формировать синтаксическое представление КВП, плотность которого автоматически учитывает степень насыщенности контурной информации данной области сегмента. В конечном итоге данный механизм обеспечивает установление соответствия между уровнями семантической и синтаксической плотностью описания всего видеокadra.

В-третьих, на основе информации о позициях составляющих КВП обеспечивается возможность построить базисы биадического пространства для незначимой и контурной составляющих КВП. Это позволяет создать условия для взаимоднозначного процесса построения информативного синтаксического представления КВП на основе двухбазисного биадического кодирования.

В-четвертых, на основе информации о базисах биадических пространств незначимой и контурной составляющих обеспечивается взаимоднозначное установление режима двоичного кодообразования для неравномерных кодограмм.

Следовательно, *обеспечивается совместимость технологических аспектов двух концепций* обработки статических ВИР относительно поддержки выполнения условия доступности и целостности на уровне формирования *информативных составляющих* кодовых конструкций синтаксического описания.

Рассмотрим теперь особенности *совместимости обработки служебных* данных для двух концептуальных составляющих системы обработки

статических ВИР. Для первой концепции служебными данными являются векторы признаков наличия контурных элементов на позиции в маске. Данная контурная информация будет использоваться для дальнейшей обработки маски контурной информации для создания информативного синтаксического представления. Здесь используются методы, изложенные в работах [8; 33].

Для второй концепции относительно наличия информации о контурной маски дополнительными служебными сведениями являются следующие: вектора оснований $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k,\ell)}$, $\Lambda(\xi)_{i,6}^{(k,\ell)}$ соответственно для незначимой и контурной составляющих КВП. Обработка данной информации предусматривается в создаваемой базовой системе путем интегрирования методов обработки оснований биадического пространства без потери информации [10; 12; 124 – 128; 141].

Значит, на основе изложенного можно утверждать, что базовые концепции соответствуют требованиям совместимости по формированию информативных и служебных частей кодовых конструкций информативного синтаксического описания видеокадров с учетом их степени семантической информативности. Соответствующая схема совместимости приводится на рис. 5.6.

Разработаем теперь структуру обобщенных кодовых конструкций синтаксического представления видеокадра с использованием двух базовых концепций обработки ВИР (рис. 5.7). В соответствии с особенностями метода обработки статического ВИР кодовые конструкции содержат следующие четыре иерархические уровни. Первый иерархический уровень строится на основе совокупности минимальных структурных единиц $C(\xi)_i^{(k,\ell)}$ кодового представления сегмента видеокадра (рис. 5.7). Минимальной структурной единицей информативного синтаксического описания сегмента видеокадра является кодограмма $C(\Delta(\xi); E(\xi))_i^{(k,\ell)}$ контурированной видеопоследовательности для строки сегмента видеокадра.

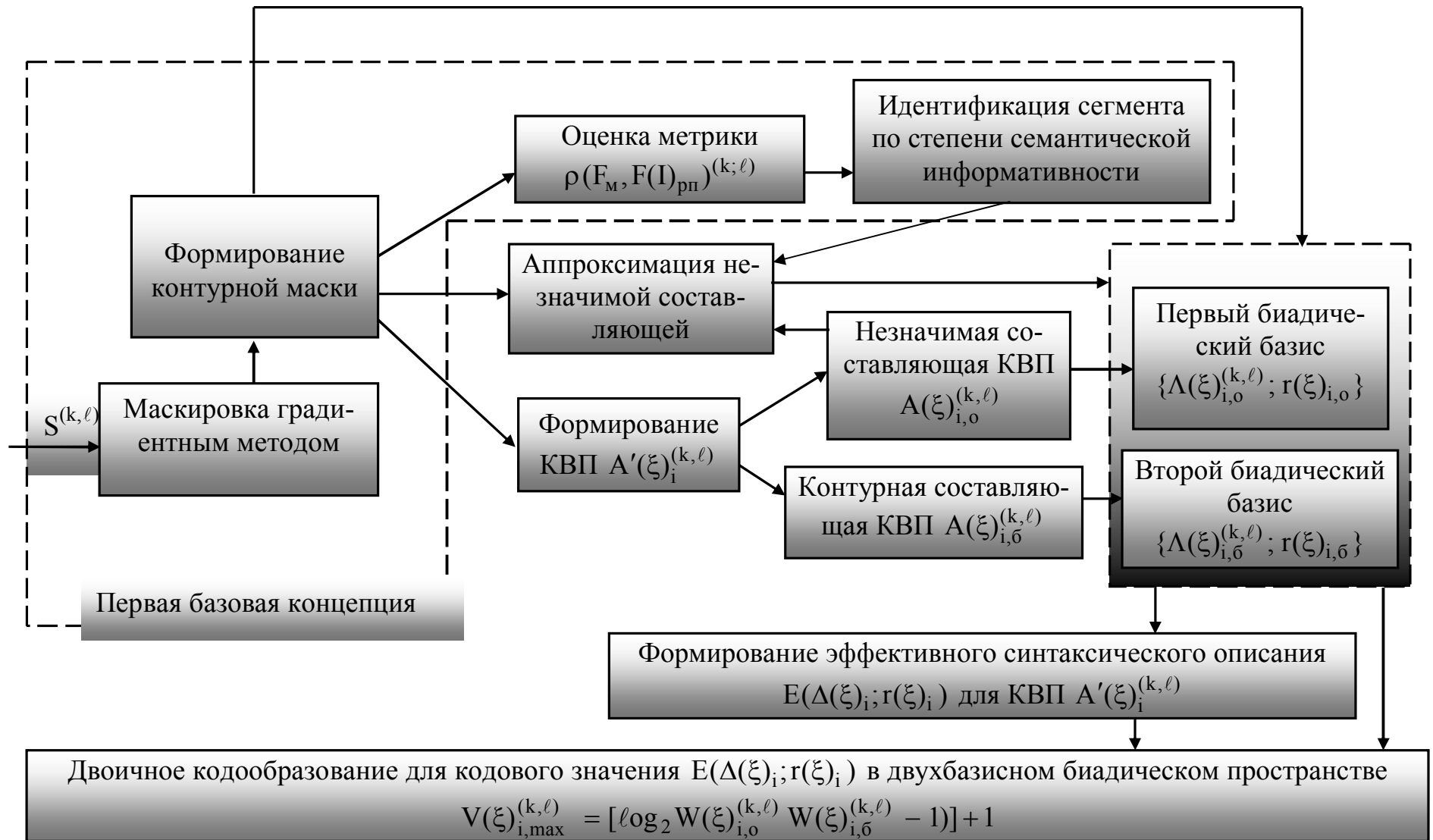


Рис. 5.6. Структурная схема формированию информативных и служебных частей кодовых конструкций информативного синтаксического описания видеокадров

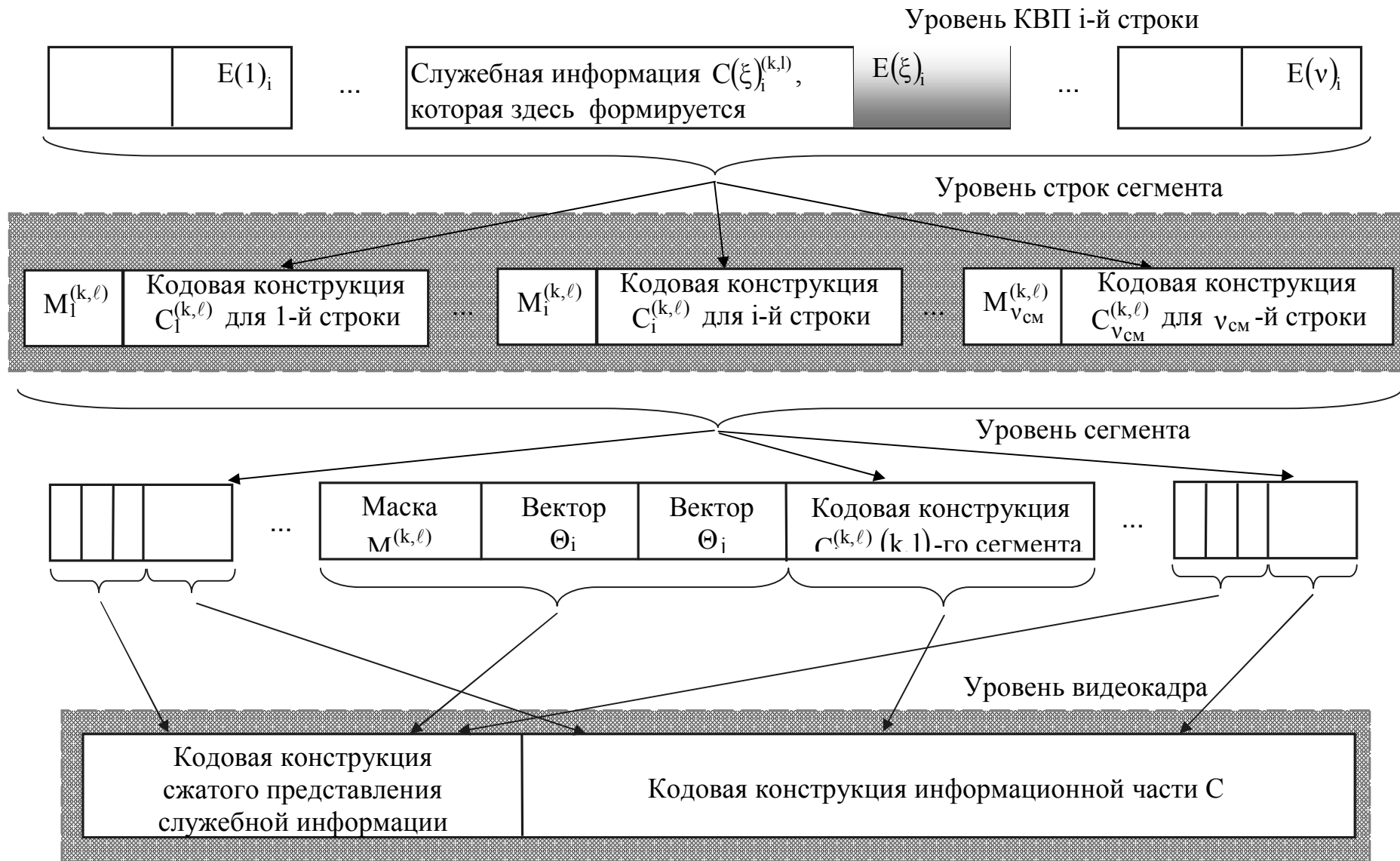


Рис. 5.7. Структурная схема построения обобщенных кодовых конструкций синтаксического представления видеокадра с использованием двух базовых концепций обработки ВИР

Данная кодограмма содержит информационную и служебную части. Информационная часть кодограммы является неравномерной, и содержит в себе информацию о значении кода $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ двухбазисного биадического числа, сформированного на основе контурированной видеопоследовательности. Служебная часть $C(\Delta(\xi))_i^{(k, \ell)}$ включает информацию о: векторах оснований $\Lambda(\xi)_{i,0}^{(k, \ell)}$, $\Lambda(\xi)_{i,6}^{(k, \ell)}$ соответственно для незначимой и контурной составляющих КВП.

Длина $V(\Delta; E)_i^{(k, \ell)}$ двоичного описания данного уровня определяется по формуле

$$V(\Delta; E)_i^{(k, \ell)} = \sum_{\xi=1}^{v(i)_{\text{КВП}}^{(k, \ell)}} V(\Delta(\xi); E(\xi))_i^{(k, \ell)}, \quad (5.19)$$

где $V(\Delta(\xi); E(\xi))_i^{(k, \ell)}$ - длина кодового представления кодовой конструкции $C(\Delta(\xi); E(\xi))_i^{(k, \ell)}$ для ξ -й КВП, т.е.

$$V(\Delta(\xi); E(\xi))_i^{(k, \ell)} = V(\xi)_{i, \max}^{(k, \ell)} + V(\Delta(\xi))_i^{(k, \ell)}; \quad (5.20)$$

$V(\xi)_{i, \max}^{(k, \ell)}$ - максимальное количество разрядов на двоичное кодирование $L(\xi)_i^{(k, \ell)}$ кодового значения $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ для ξ -й контурированной видеопоследовательности i -й строки $(k; \ell)$ -го сегмента видеокадра;

$V(\Delta(\xi))_i^{(k, \ell)}$ - количество разрядов на представление служебной составляющей ξ -й кодовой конструкции;

$v(i)_{\text{КВП}}^{(k, \ell)}$ - количество КВП в i -й строки $(k; \ell)$ -го сегмента видеокадра.

На основе данных структурных единиц строятся комплексные составляющие следующего более высокого уровня иерархии кодовых конструкций

информативного синтаксического описания. Таковым уровнем является уровень строк сегмента $S^{(k,\ell)}$ видеокадра (рис. 5.7).

Здесь кодовые конструкции $C(M; \Delta; E)_i^{(k,\ell)}$ содержат:

- информативную составляющую $C(\Delta; E)_i^{(k,\ell)}$, образуемую на основе кодовых конструкций предыдущего уровня иерархии, т.е. кодовые конструкции строк сегмента;

- служебную составляющую $C(M)_i^{(k,\ell)}$, включающую информацию о соответствующей строке $M_i^{(k,\ell)}$ маски контурной информации.

Суммарная длина $V(\Delta; E)^{(k,\ell)}$ информационной части кодовых конструкций данного уровня определяется по формуле

$$V(\Delta; E)^{(k,\ell)} = \sum_{i=1}^{v_{CM}} V(\Delta; E)_i^{(k,\ell)}$$

или с учетом выражений (5.19) и (5.20), получим

$$\begin{aligned} V(S^{(k,\ell)}) &= V(\Delta; E)^{(k,\ell)} = \sum_{i=1}^{v_{CM}} \sum_{\xi=1}^{v_{KBП}^{(i)(k,\ell)}} V(\Delta(\xi); E(\xi))_i^{(k,\ell)} = \\ &= \sum_{i=1}^{v_{CM}} \sum_{\xi=1}^{v_{KBП}^{(i)(k,\ell)}} (V(\xi)_{i,\max}^{(k,\ell)} + V(\Delta(\xi))_i^{(k,\ell)}). \end{aligned} \quad (5.21)$$

Далее как показано на рис. 5.7 на основе кодовых посылок информативного синтаксического представления отдельных строк сегментов строится уровень кодовых конструкций $C(M; \Delta; E)^{(k,\ell)}$ сегментов видеокадра.

Данный уровень состоит из:

1) информационной части $C(\Delta; E)^{(k,\ell)}$, содержащей кодовые конструкции $C(\Delta; E)_i^{(k,\ell)}$ синтаксического описания строк сегментов;

2) служебной части, включающей в себя кодовое представление:

- $C(M)^{(k,\ell)}$ маски $(M)^{(k,\ell)}$ контурной информации;
- $C(\Theta)_i^{(k,\ell)}$, $C(\Theta)_j^{(k,\ell)}$ вектора $\Theta_i^{(k,\ell)}$, $\Theta_j^{(k,\ell)}$ признаков наличия контур-

ных элементов соответственно в строках и столбцах сегментах;

Суммарная длина $V(\Delta;E)$ кодового представления уровня сегментов видеокадра находится с использованием следующего выражения:

$$V(\Delta;E) = \sum_{k=1}^{N_1} \sum_{\ell=1}^{N_2} (V(M)^{(k,\ell)} + V(\Theta)_i^{(k,\ell)} + V(\Theta)_j^{(k,\ell)} + V(\Delta;E)^{(k,\ell)}), \quad (5.22)$$

где N_1 , N_2 - количество сегментов соответственно в направлении строк и столбцов видеокадра

$V(M)^{(k,\ell)}$ - количество разрядов на представление маски $(k; \ell)$ -го сегмента видеокадра;

$V(\Theta)_i^{(k,\ell)}$, $V(\Theta)_j^{(k,\ell)}$ - количество разрядов на представление векторов признаков наличия контурных элементов соответственно в строках и столбцах $(k; \ell)$ -го сегмента видеокадра;

Соответственно из отдельных кодовых конструкций сегментов формируется уровень синтаксического описания всего видеокадра. Данный уровень образует кодовую конструкцию всего информативного синтаксического описания статического ВИР. Данный уровень включает следующие составляющие:

- $C(S)$ информационную, содержащую кодовые конструкции отдельных сегментов $C(M; \Delta; E)^{(k,\ell)}$;
- служебную, включающую в себя кодовое представление:
- $V(M)$ информативного синтаксического маски контурной информации;

- $V(\Theta)_i$, $V(\Theta)_j$ кодового описания векторов признаков наличия контурных элементов в сегментах.

Откуда общая длина $V(S)$ кодового представления уровня видеокадра оценивается с помощью такого соотношения:

$$V(S)_\Sigma = V(S)_{\text{инф}} + V(S)_{\text{сл}}; \quad (5.23)$$

$$V(S)_{\text{инф}} = \sum_{k=1}^{N_1} \sum_{\ell=1}^{N_2} V(\Delta; E)^{(k, \ell)} = \sum_{k=1}^{N_1} \sum_{\ell=1}^{N_2} \left(\sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{v^{(i)}_{\text{КВП}}(k, \ell)} (V(\xi)_{i, \text{max}}^{(k, \ell)} + V(\Delta(\xi))_i^{(k, \ell)}) \right),$$

где $V(S)_{\text{инф}}$ - длина информационного части данного уровня иерархии кодовых конструкций;

$V(S)_{\text{сл}}$ - суммарная длина служебной составляющей для всего видеокадра.

Данное соотношение позволяет оценить синтаксическую плотность всего видеокадра на основе двухбазисного биадического кодирования контурованных составляющих сегментов без учета семантической информативности.

На основе изложенного можно заключить следующее:

1. Построена технология интеграции кодовых конструкций концепции формирования информативного синтаксического представления сегментов в систему обработки ВИР, обеспечивающая: заданный уровень семантической целостности и доступности видеоинформационного ресурса; сокращение служебных данных, совместимость синтаксической и семантической плотностей сегментов.

2. Структура кодового представления сжатого видеопотока включает в себя четыре уровня иерархии, а именно уровень контурованных видеопос-

ледовательностей, уровень строк сегментов, уровень отдельных сегментов и уровень видеокadra.

3. Разработан метод верификации концепций обработки ВИР с учетом предварительной их интеллектуальной идентификации по степени семантической информативности и соответствующего по синтаксической плотности кодирования. При этом обеспечивается следующее:

1) совместимость технологических аспектов двух концепций обработки статических ВИР относительно поддержки выполнения условия доступности и целостности на уровне формирования информативных составляющих кодовых конструкций синтаксического описания. Это достигается тем, что:

- основе маски контурной информации проводится сегментирование видеокadra на контурированные видеопоследовательности, что обеспечивает установление взаимоднозначного позиционирования незначимой и контурной составляющих контурированных видеопоследовательностей;

- маска обеспечивает установление длины и режима аппроксимации незначимой составляющей. Это позволяет формировать синтаксическое представление КВП, плотность которого автоматически учитывает степень насыщенности контурной информации данной области сегмента;

- на основе информации о позициях составляющих КВП обеспечивается возможность построить базисы биадического пространства для незначимой и контурной составляющих КВП. Это позволяет создать условия для взаимоднозначного процесса построения информативного синтаксического представления КВП на основе двухбазисного биадического кодирования;

- на основе информации о базисах биадических пространств незначимой и контурной составляющих обеспечивается взаимоднозначное установление режима двоичного кодообразования для неравномерных кодограмм.

2) совместимость обработки служебных данных для двух концептуальных составляющих системы обработки статических ВИР. Для первой концепции служебными данными являются векторы признаков наличия контурных элементов на позиции в маске. Данная контурная информация будет ис-

пользоваться для дальнейшей обработки маски контурной информации для создания информативного синтаксического представления.

Выводы

Разработаны теоретические основы для создания методов повышения безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной обработки видеокадров на уровне информативного синтаксического описания с автоматической идентификацией их семантического содержания (информативности) по контурной информации. Концептуальной основой здесь являются следующие аспекты:

1) функциональное преобразование относительно выявления ограничений для синтаксического представления сегмента, обеспечивающих автоматическую настройку уровня синтаксической информативности относительно степени семантической информативности сегментов (автоматическая настройка уровня информативности на синтаксическом уровне с учетом степени информативности семантического содержания с позиции выявления контурированной информации);

2) функциональное преобразование относительно метода выявления множества закономерностей на структурные локально-пространственные характеристики контурированных сегментов;

3) функциональное преобразование, задающее метод кодирования (синтаксического преобразования, соответствующего семантического содержания) ВИР с учетом множества выявленных закономерностей в двухбазисном биадическом пространстве;

4) функциональное преобразование относительно создания двоичного кодообразования с учетом весовых характеристик контурированных видеопоследовательностей в двухбазисном полиадическом пространстве.

Данные теоретические основы базируются на следующих основных научных результатах.

1. Создан метод формирования кодового идентификатора синтаксического представления для контурированных видеопоследовательностей на основе использования информации о локально-пространственных ограничениях. Данный метод обеспечивает построение эффективного синтаксического представления КВП на основе синтеза кодового значения для биадического числа в двухбазисном пространстве, построенным на базе выявленных локально-пространственных характеристик незначимой и ключевой составляющих, автономно от позиционирования в сегменте с учетом того, что:

1) обработка незначимой составляющей КВП проводится по опорным элементам;

2) количество и позиции элементов незначимой и контурной составляющих КВП определяется соответствующей маской контурной информации.

2. Разработан метод создания информативного синтаксического представления видеокадра. Данный метод основан на синтезе концептуальных аналитических соотношений обеспечивающих построение:

1) технологии двухбазисного биадического кодирования, для формирования кодового значения информативного синтаксического представления неравномерной контурированной видеопоследовательности с маской по опорным элементам с учетом вектора локальных контурных перепадов для варианта, когда индексация элементов КВП проводится без привязки к текущей позиции в строке, т.е. индексация элементов проводится внутри контурированной видеопоследовательности;

2) технологической реализации режимов кодирования контурированных видеопоследовательностей, когда: индексация элементов ДББЧ прово-

дится с учетом текущей позиции элемента в строке, но без учета позиций опорных элементов незначимой составляющей; индексация элементов организуется: с учетом текущей позиции элемента в строке с учетом позиций опорных элементов в незначимой составляющей КВП;

3) метода кодирования двухбазисных биадических чисел с учетом свертки кодовых составляющих незначимой и контурной составляющих КВП в единое число на основе функционала, задающего признак идентификации позиций элементов относительно незначимой и контурной составляющих.

Для данного метода учитывается:

- композиция незначимой и ключевой составляющих яркостного описания сегмента как контурированной видеопоследовательности;
- сегментация видеокadra по контурированным видеопоследовательностям на основе информации о маски контурной информации;
- аппроксимация контурированных видеопоследовательностей двухбазисными биадическими числами с ограничениями на локально-пространственные характеристики КВП;

3. Построен метод формирования двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания на основе стратегии неравномерного кододоброобразования для кодовых значений контурированных видеопоследовательностей в двоичное пространство. Метод основывается на следующих концептуальных составляющих, а именно системах аналитических соотношений, устанавливающих:

1) соответствие режима двоичного кододоброобразования в системе генерирования двухбазисных биадических чисел на основе определения и учета наличия верхнего ограничения на значение кода контурированной видеопоследовательности для заданных значений параметров структурных локально-пространственных ограничений ее незначимой и базовой составляющих в двухбазисном биадическом пространстве;

2) правило двоичного кододоброобразования, базирующееся на соотношении между максимальным количеством разрядов на двоичное кододоброобразование

кодowego значения контурированной видеопоследовательности сегмента видеокadra, в условиях отсутствия дополнительных служебных данных, не использующихся для непосредственно вычисления кодowego значения КВП.

4. Разработан метод верификации концепций обработки ВИР с учетом предварительной их интеллектуальной идентификации по степени семантической информативности и соответствующего по синтаксической плотности кодирования. При этом обеспечивается следующее:

1) совместимость технологических аспектов двух концепций обработки статических ВИР относительно поддержки выполнения условия доступности и целостности на уровне формирования информативных составляющих кодовых конструкций синтаксического описания. Это достигается тем, что:

- на основе маски контурной информации проводится сегментирование видеокadra на контурированные видеопоследовательности, что обеспечивает установление взаимоднозначного позиционирования незначимой и контурной составляющих контурированных видеопоследовательностей;

- маска обеспечивает установление длины и режима аппроксимации незначимой составляющей. Это позволяет формировать синтаксическое представление КВП, плотность которого автоматически учитывает степень насыщенности контурной информации данной области сегмента;

- на основе информации о позициях составляющих КВП обеспечивается возможность построить базисы биадического пространства для незначимой и контурной составляющих КВП. Это позволяет создать условия для взаимоднозначного процесса построения информативного синтаксического представления КВП на основе двухбазисного биадического кодирования;

- на основе информации о базисах биадических пространств незначимой и контурной составляющих обеспечивается взаимоднозначное установление режима двоичного кодообразования для неравномерных кодограмм.

2) совместимость обработки служебных данных для двух концептуальных составляющих системы обработки статических ВИР. Для первой концепции служебными данными являются векторы признаков наличия контур-

ных элементов на позиции в маске. Данная контурная информация будет использоваться для дальнейшей обработки маски контурной информации для создания информативного синтаксического представления.

5. Построена технология интеграции кодовых конструкций концепции формирования информативного синтаксического представления сегментов в систему обработки ВИР, обеспечивающая: заданный уровень семантической целостности и доступности видеоинформационного ресурса; сокращение служебных данных, совместимость синтаксической и семантической плотностей сегментов. Структура кодового представления сжатого видеопотока включает в себя четыре уровня иерархии, а именно уровень контурированных видеопоследовательностей, уровень строк сегментов, уровень отдельных сегментов и уровень видеокадра.

Основные научно-прикладные результаты исследований рассмотренных в пятом разделе представлены в таких научных трудах как [27; 30; 37; 125 – 128; 140; 143; 145; 146; 149; 150; 154; 157; 192; 217; 220].

РАЗДЕЛ 6

МЕТОД ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ДИСТАНЦИОННО- ФОРМИРУЕМОГО ВИДЕОИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА В СИСТЕМЕ АЭРОМОНИТОРИНГА КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ

Создается метод оценки целостности видеоинформационных ресурсов по семантически значимым сегментам для двухконцептуального метода обработки видеокадров с идентификацией их семантической нагрузки. На основе экспериментальной оценки семантической плотности сегментов для видеокадров с разной семантической информативностью доказываемая адекватность метода интеллектуальной классификации сегментов по степени их семантической информативности с позиции насыщенности контурной информацией.

Проводится сравнительный анализ результатов динамической обработки сегментов видеокадров с разной степенью семантической нагрузки и различным ландшафтом, по ПОСШ. Организуется процесс оценки вероятности сохранения целостности для фрагментов с позиции значимых по семантической информативности и достаточно семантически информативных сегментов в зависимости от степени насыщенности видеокадра мелкими деталями и типа ландшафта для разных методов синтаксического представления.

Разрабатывается метод оценки доступности дистанционного информационного ресурса в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуального метода обработки видеокадров с идентификацией семантической информативности и адаптивного двухалфавитного биалфавитного кодирования контурированных сегментов.

6.1. Разработка метода оценки целостности видеoinформационных ресурсов для двухконцептуального метода обработки видеок кадров с идентификацией их семантической нагрузки

Рассмотрим оценку целостности дистанционного видеoinформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций.

Оценку вероятности потерь целостности будем проводить для фрагментов трех типов с различной степенью насыщенности мелкими деталями (приложение А) [31; 40; 138; 146; 154; 189].

Введем такие показатели вероятности $P_{\text{пц}}$ потери целостности и соответственно вероятность $P_{\text{трц}}$ обеспечения требуемой целостности видеoinформационного ресурса АМКС.

Таким образом, вероятность $P_{\text{пц}}$ потери целостности ВИР должна стремиться к нулю, т.е.

$$P_{\text{пц}} \rightarrow 0.$$

Наоборот, вероятность $P_{\text{трц}}$ должна стремиться к единице, т.е.

$$P_{\text{трц}} = (1 - P_{\text{пц}}) \rightarrow 1.$$

Проведем теперь оценку вероятности $P_{\text{пц}}$ потери целостности ВИР.

Данные вероятности для разработанного концептуального метода зависят от:

1. Вероятности ошибочной идентификации сегмента по степени его семантической информативности.

Наиболее существенная потеря целостности видеoinформационного ресурса аэромониторинга кризисных ситуаций будет происходить в случаях, заданных следующими вариантами событий:

- вариант 2.1 – сегмент значимый по информативности идентифицирован неправильно, а именно он может быть идентифицирован как: достаточно значимый (вариант 2.1.2) и как незначимый (вариант 2.1.3). Появление такого события оценивается вероятностью P_{213} ;

- вариант 2.2 - когда достаточно информативный сегмент идентифицирован неправильно, а именно: идентифицирован как значимый (вариант 2.2.1) и как незначимый (вариант 2.2.3). Такое событие характеризуется вероятностью P_{223} .

2. Степени искажений, которые будут вноситься в процессе кодирования контурных видеопоследовательностей. Здесь необходимо учитывать, что:

- с одной стороны в процессе обработки сегментов ошибки в их семантической обработке и идентификации могут быть усилены или наоборот скомпенсированы;

- с другой стороны в процессе обработки, а именно на технологическом этапе аппроксимации незначимой составляющей контурированной видеопоследовательности могут происходить искажения.

Рассмотрим такие искажения на уровне сегмента видеокадра.

Здесь обозначим погрешность для j -го элемента ξ -й КВП и i -й строки $(k; \ell)$ -го сегмента видеокадра как $\varepsilon(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)}$. Величина $\varepsilon(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)}$ зависит от следующих параметров процесса обработки сегмента на синтаксическом уровне:

1) длины $r(\xi)_{i,n}$ незначимой составляющей КВП. Длина незначимой составляющей КВП зависит от качества процесса выделения контурной информации на основе выбора соответствующего метода маскирования. Не выделенная контурная информация влияет на увеличение длины незначимой составляющей. С другой стороны это создает уязвимость для потери семантически важной информации. При этом формируется фактор ошибки $\Delta r(\xi)_{i,n}$, определяемый неточностью длины незначимой составляющей КВП. Функ-

циональная зависимость величины $\Delta r(\xi)_{i,n}$ от вероятности $\beta(X, B)$ ошибки первого рода представляется как:

$$\Delta r(\xi)_{i,n} = \varphi_\varepsilon(\beta(X, B)),$$

где $\varphi_\varepsilon(\beta(X, B))$ - функционал, определяющий влияние ошибки первого рода в процессе выявления контурной информации на величину $\Delta r(\xi)_{i,n}$;

2) количества $r(\xi)_{i,o}$ опорных элементов, т.е. от длины интервала интерполяции для незначимой составляющей КВП. Этот параметр процесса обработки зависит от правильности идентифицированного по семантической нагрузки сегмента (зависит от класса идентификации). Для менее значимых по семантическому содержанию сегментов величина интервала аппроксимации будет увеличиваться. И, наоборот, с ростом уровня семантической нагрузки величина интервала аппроксимации будет снижаться. Поэтому неверная семантическая идентификация сегмента приводит к появлению потери информации. В этом случае фактор ошибки $\Delta r(\xi)_{i,o}$ задается как ошибочное количество опорных элементов для незначимой составляющей КВП, и функционально определяется следующей записью:

$$\Delta r(\xi)_{i,o} = \varphi_\varepsilon(\beta(X, B); P_{213}; P_{223}),$$

где $\varphi_\varepsilon(\beta(X, B); P_{213}; P_{223})$ - функционал, описывающий влияние ошибочного выявления контурной информации и неправильной семантической идентификации на фактор $\Delta r(\xi)_{i,o}$.

Для варианта, когда обеспечивается минимизация ошибки $\beta(X, B)$ первого рода в процессе выявления контурной информации и достигается правильная семантическая идентификация сегмента видеокадра, то дальнейшая обработка (на основе второй концептуальной технологии) организуется без

внесения искажений. Значит, наибольшие потери целостности будут возникать в случаях появления событий, заданных вероятностями P_{213} , P_{223} и ростом вероятности $\beta(X, B)$ ошибки первого рода.

Потеря целостности ВИР, характеризуется величиной $\varepsilon(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)}$ отклонения восстановленного $a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)}$ относительно исходного $a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)}$ значения j -го элемента ξ -й КВП для i -й строки $(k;\ell)$ -го сегмента видеокадра, т.е.

$$\varepsilon(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)} = a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)} - a(\xi)'_{i,j}^{(k;\ell)}.$$

Данное выражение через факторы ошибок в процессе синтаксического представления ВИР, примет следующий вид

$$\varepsilon(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)} = f_{\varepsilon}(\Delta r(\xi)_{i,n}; \Delta r(\xi)_{i,o})_{i,j}^{(k;\ell)} = f_{\varepsilon}(\varphi_{\varepsilon}(\beta(X, B)); \varphi_{\varepsilon}(\beta(X, B); P_{213}; P_{223}))_{i,j}^{(k;\ell)};$$

$$i = \overline{1, v_{cm}}; \quad \xi = \overline{1, v(i)_{квп}}; \quad j = \overline{1, r(\xi)_i},$$

где $f_{\varepsilon}(\Delta r(\xi)_{i,n}; \Delta r(\xi)_{i,o})_{i,j}^{(k;\ell)}$ - функционал, определяющий величину отклонения между величинами $a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)}$ и $a(\xi)'_{i,j}^{(k;\ell)}$ в зависимости от значений факторов ошибки $\Delta r(\xi)_{i,n}$ и $\Delta r(\xi)_{i,o}$.

В свою очередь полученное соотношение, раскрывается на основе функционала $\varphi_{i,j}^{(-1)}(E'(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i); \Delta'(\xi)_i)$ для реконструкции элементов видеокадра, с использованием созданной концептуальной составляющей метода восстановления ВИР по его информативному синтаксическому описанию, а именно:

$$\varepsilon(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)} = a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)} - a(\xi)'_{i,j}^{(k;\ell)} = a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)} - \varphi_{i,j}^{(-1)}(E'(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i); \Delta'(\xi)_i);$$

$$i = \overline{1, v_{cm}}; \quad \xi = \overline{1, v(i)_{квп}}; \quad j = \overline{1, r(\xi)_i}.$$

Здесь $\Delta'(\xi)_i$, $E'(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ - вектор базисов ДББ пространства и соответствующее кодовое значение ξ -й КВП, полученные при условии наличия факторов ошибок $\Delta r(\xi)_{i,n}$ и $\Delta r(\xi)_{i,o}$; $\Phi_{i,j}^{(-1)}(E'(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i); \Delta'(\xi)_i)$ - декодирующий функционал для реконструкции значения $a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)}$ соответствующего j -го элемента ξ -й КВП для i -й строки $(k; \ell)$ -го сегмента видеокадра в условиях наличия факторов ошибок $\Delta r(\xi)_{i,n}$ и $\Delta r(\xi)_{i,o}$.

Данные выражения позволяют учитывать возможность появления ошибки не только в области незначимой составляющей, но и в области контурной составляющей КВП.

Предлагается количественно оценивать уровень потери целостности для сегмента видеокадра на основе среднеквадратического показателя. В качестве таких показателей используются [31; 40; 138; 146; 154; 189]:

1) среднеквадратический показатель $\sigma_{\text{син}}^{(k,\ell)}$ отклонения восстановленного видеокадра относительно исходного с учетом усреднения в пределах контурированной видеопоследовательности, т.е.:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{син}}^{(k,\ell)} &= \sqrt{\sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{v^{(i)}_{\text{КВП}}} \left(\frac{\sum_{j=1}^{r(\xi)_i} (a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)} - a(\xi)_{i,j}^{\prime(k;\ell)})^2}{r(\xi)_i} \right)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{j=1}^{v_{\text{см}}} (\varepsilon_{i,j}^{(k;\ell)})^2}{v_{\text{см}} \cdot v_{\text{см}}} =} \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{v^{(i)}_{\text{КВП}}} \sum_{j=1}^{r(\xi)_i} (a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)} - \Phi_{i,j}^{(-1)}(E'(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i); \Delta'(\xi)_i))^2}{v_{\text{см}} \cdot v_{\text{см}}}}; \end{aligned}$$

2) показатель $h_{\text{син}}^{(k,\ell)}$ пикового отношения сигнал/шум (ПОСШ) с чувствительностью на уровне контурированной видеопоследовательности, т.е.:

$$h_{\text{син}}^{(k,\ell)} = 20 \lg \left(\frac{2^b}{\sqrt{\sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{v^{(i)}_{\text{КВП}}} \sum_{j=1}^{r(\xi)_i} (a(\xi)_{i,j}^{(k;\ell)} - \varphi_{i,j}^{(-1)}(E'(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i); \Delta'(\xi)_i))^2}} \right).$$

$v_{\text{см}} \cdot v_{\text{см}}$

Для оценки значимости потери целостности в отдельно взятом сегменте видеокadra предлагается ввести критический уровень $h_{\text{крит}}$ ПОСШ. Данный уровень определяется как минимальное значение ПОСШ, для которого еще обеспечивается требуемый уровень целостности ВИР. Здесь необходимо учитывать, что для сегментов с различной насыщенностью контурной информацией критический уровень будет различным. Следовательно, для трех уровней семантической нагрузки сегментов будет соответственно три критических уровня по ПОСШ. Значения критических уровней ПОСШ в зависимости от степени семантической нагрузки сегмента выбираются следующими (по убыванию степени семантической нагрузки): 57дБ; 42дБ; 23дБ [31; 40].

В связи с чем, вероятность потери целостности видеоинформационного ресурса предлагается оценивать на основе следующих вероятностей:

Вероятность $P(1; h < h_{\text{крит}})$ потери целостности по значимым сегментам, оцениваемая как отношение количества $|\Phi(1)_{\text{крит}}|$ сегментов со значимым уровнем семантической информативности с ПОСШ ниже критического уровня $h_{\text{крит}}$ к общему количеству $|\Phi(1)_{\text{зис}}|$ сегментов со значимым семантическим уровнем, т.е.

$$P(1; h < h_{\text{крит}}) = \frac{|\Phi(1)_{\text{крит}}|}{|\Phi(1)_{\text{зис}}|}.$$

Здесь $|\Phi(1)_{\text{зис}}|$ - общее количество сегментов в маске видеокadra значимых по семантической информативности.

Вероятность $P(2; h < h_{\text{крит}})$ потери целостности по сегментам с доста-

точной семантической информативностью, оцениваемая как отношение количества $|\Phi(2)_{\text{крит}}|$ сегментов с достаточной семантической нагрузке с ПОСШ ниже критического уровня $h_{\text{крит}}$ к общему количеству $|\Phi(2)_{\text{дис}}|$ сегментов с достаточной семантической нагрузкой, а именно:

$$P(2; h < h_{\text{крит}}) = \frac{|\Phi(2)_{\text{крит}}|}{|\Phi(2)_{\text{дис}}|}.$$

В этой формуле величина $|\Phi(2)_{\text{дис}}|$ означает общее количество сегментов в маске видеокadra, которые достаточно информативные по семантической нагрузке.

Соответственно вероятности $P(1; h \geq h_{\text{крит}})$, $P(2; h \geq h_{\text{крит}})$ сохранения целостности ВИР в системе аэромониторинга кризисных ситуаций определяется на основе следующих соотношений:

- $P(1; h \geq h_{\text{крит}})$ - для видеокadров значимых по семантическому содержанию

$$P(1; h \geq h_{\text{крит}}) = 1 - P(1; h < h_{\text{крит}});$$

- $P(2; h \geq h_{\text{крит}})$ - для достаточного информативного видеокadra по семантической нагрузке

$$P(2; h \geq h_{\text{крит}}) = 1 - P(2; h < h_{\text{крит}}).$$

Реальное количество значимых и достаточно значимых сегментов оцениваемое группой дешифровщиков.

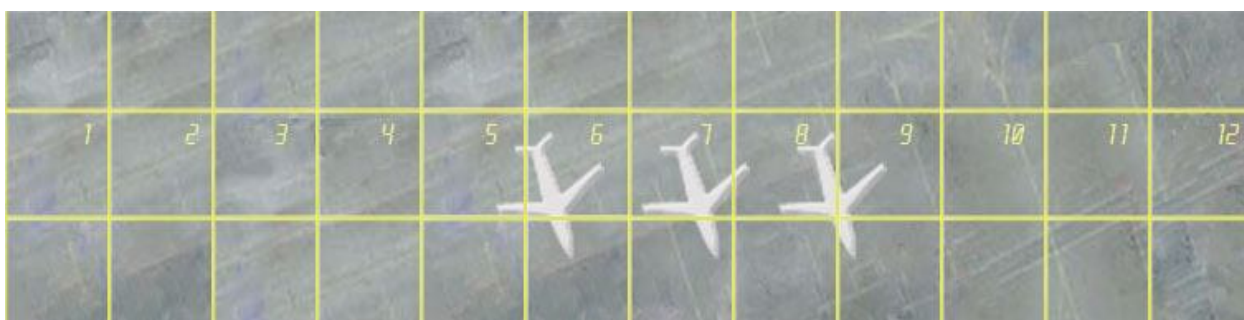
Важно отметить, что оценку вероятностей, характеризующих потерю целостности ВИР требуется проводить с учетом обеспечения необходимого уровня доступности информационного ресурса.

6.2. Сравнительная оценка характеристик методов обработки видеокадров относительно обеспечения целостности видеоинформационного ресурса

Рассмотрим экспериментальную оценку вероятности потери целостности ВИР. Здесь рассматриваются видеокадры с разной степенью насыщенности контурной информацией. Уровень доступности к информационному ресурсу используется режим реального времени.

Последовательности сегментов для фрагментов исходных видеокадров двух типов ландшафтов представлены на рис. 6.1.

а)



б)



Рис. 6.1. Исходные последовательности сегментов для видеокадров с разной семантической информативностью: а) аэродром; б) строения на лесостепи

Соответствующая зависимость семантической плотности обрабатываемых сегментов $\eta(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k; \ell)}$ приведена на рис. 6.2. Степень $\eta(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k; \ell)}$ семантической информативности $(k; \ell)$ -го сегмента по его контурной информации оценивается по следующей формуле [31; 40]:

$$\begin{aligned} \eta(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k; \ell)} &= (\rho(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k; \ell)} / v_{см} \cdot v_{см}) \cdot 100\% = \\ &= \left(\sum_{i=1}^{v_{см}} \sum_{j=1}^{v_{см}} \theta_{i,j} / v_{см} \cdot v_{см} \right) \cdot 100\% \leq P_{исм}. \end{aligned}$$

Здесь $\theta_{i,j}$ - признак наличия контурного элемента на $(i; j)$ -й позиционной координате сегмента маски; $\rho(F_M, F(I)_{pp})_{исм}^{(k; \ell)}$ для оценки уровня семантической информативности $(k; \ell)$ -го сегмента маски видеокадра.

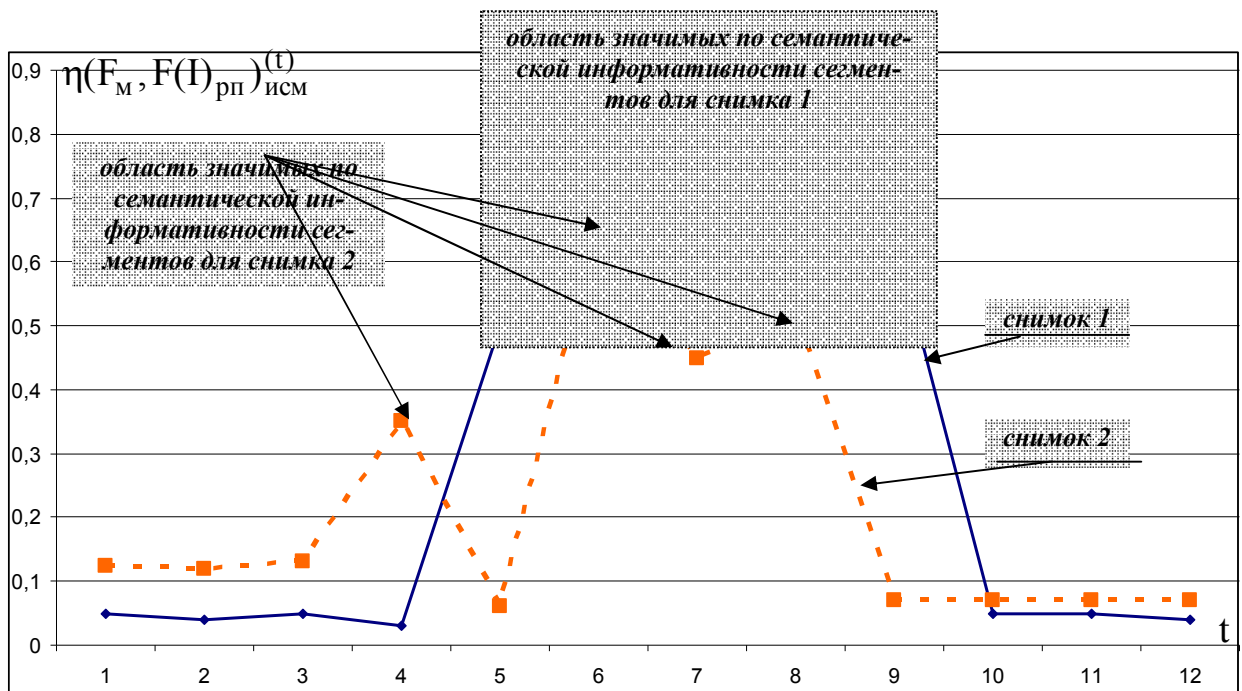


Рис. 6.2. Оценки семантической плотности сегментов для видеокадров с разной семантической информативностью: а) аэродром; б) строения на лесостепи

Для пересчета двумерных координат $(k; \ell)$ сегментов в одномерные координаты t используется следующее выражение:

$$t = k v_{\text{см}} - v_{\text{см}} + \ell = k(v_{\text{см}} - 1) + \ell.$$

На рис. 6.2 показано, что:

- для фрагмента снимка 1 в области начиная с 5 и заканчивая 9 сегментами наблюдается рост семантической нагрузки. Данные сегменты идентифицируются как значимые по семантической нагрузке. Остальные сегменты идентифицируются как незначимые. Такие результаты как видно соответствуют реальности;

- для сегментов 2 и 7 фрагмента снимка 2 характерна достаточная по семантической информативности нагрузка. Сегменты 6 и 8 идентифицируются как значимые по семантической нагрузке. Остальные сегменты с позиции оценки семантической нагрузки по контурной информации признаются незначимыми. Эти результаты соответствуют реальным оценкам.

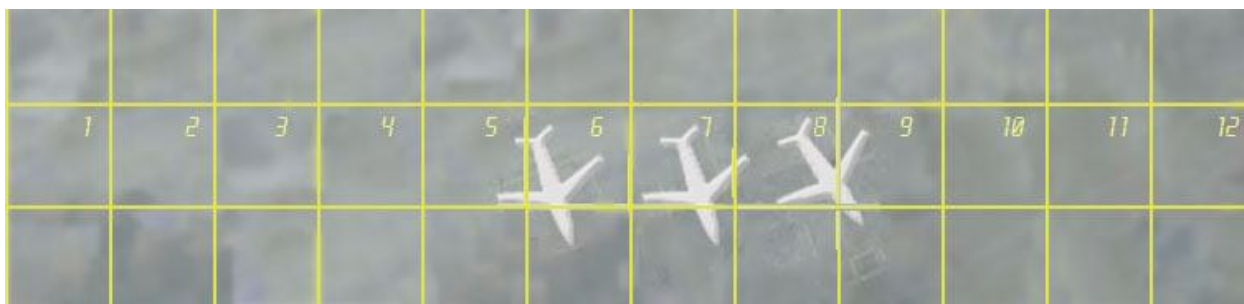
Отсюда можно заключить, что метод оценки семантической информативности сегментов видеок кадров по их контурной информации является адекватным.

Проведем теперь оценку потери целостности для обрабатываемых фрагментов двух снимков. Реконструированные фрагменты для различных сегментов по степени семантической нагрузки для снимков с различным ландшафтом для созданного метода представлены на рис. 6.3 (режим 1) и 6.4 (режим 2), а для стандартизированных методов - на рис. 6.5 (режим 1) и 6.6 (режим 2).

В качестве стандартизированных методов выбирались технологии:

1) на базе платформы JPEG с адаптивным дискретным косинусным преобразованием и последующим неравномерным кодированием с маркерами и с статическими таблицами условных кодов (СТМ1);

а)



б)



Рис. 6.3. Реконструированные сегменты для разработанного метода (режим 1) для видеокadres с разной семантической информативностью: а) аэродром; б) строения на лесостепи

а)



б)



Рис. 6.4 Реконструированные сегменты для разработанного метода (режим 2) для видеокadres с разной семантической информативностью: а) аэродром; б) строения на лесостепи

а)



б)



Рис. 6.5. Реконструированные сегменты для стандартизированных методов для видеокadres типа аэродром в режимах обработки: а) стратегия 1; б) стратегия 2

а)



б)

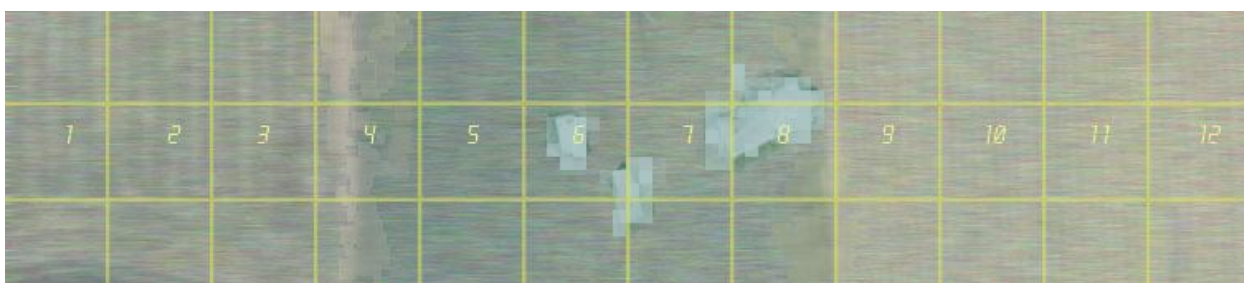


Рис. 6.6. Реконструированные сегменты для стандартизированных методов для видеокadres типа строения на лесостепи в режимах обработки: а) стратегия 1; б) стратегия 2

2) на базе платформы JPEG2000 с трехкратным вейвлет-преобразованием с базисами Хаара и CF() и последующим арифметическим кодированием (СтМ2).

Соответствующие оценки ПОСШ для сегментов с разной степенью семантической нагрузки и различным ландшафтом, представлены на рис. 6.7 и 6.8.

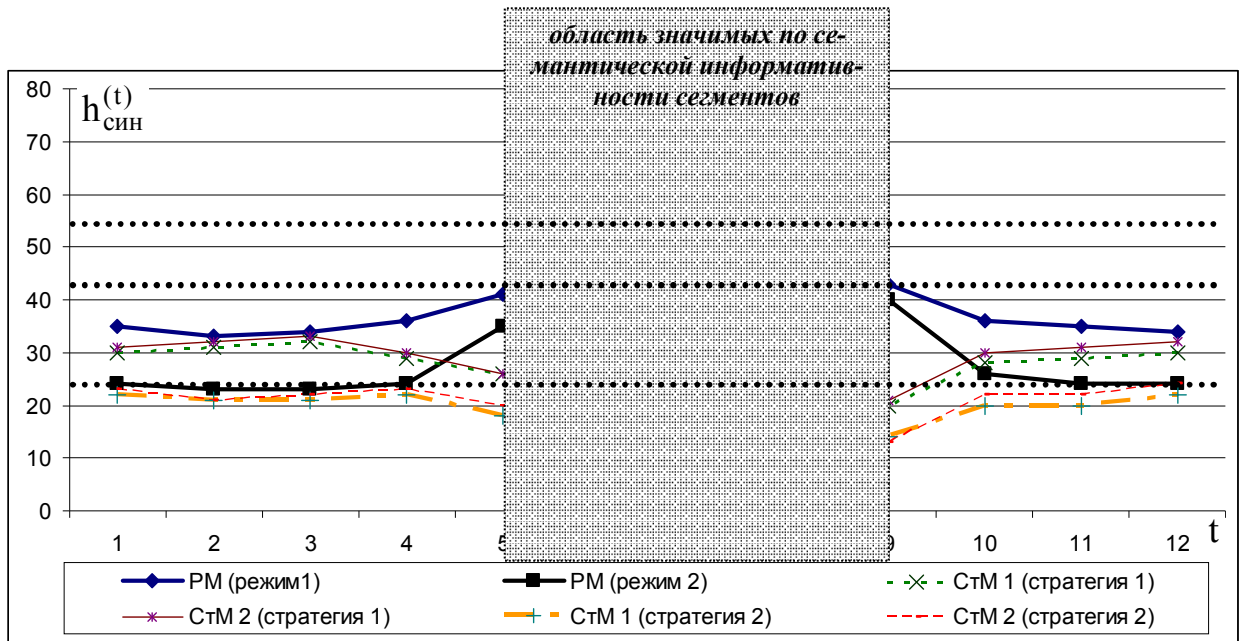


Рис. 6.7. Динамическая оценка ПОСШ для разных методов обработки видеок кадров с искусственным ландшафтом в зависимости от семантической плотности сегментов

Сравнительный анализ результатов динамической обработки сегментов видеок кадров с разным ландшафтом, представленных на рис. 6.3 – 6.8 позволяет заключить следующее:

1) для разработанного метода (PM) проявляется дифференциация распределения значений ПОСШ и значения визуальной оценки целостности синтаксического и семантического содержания сегментов в зависимости от класса семантической идентификации. Разработанный метод обеспечивает сохранения целостности синтаксического и семантического уровней описания сегментов СА значимой семантической нагрузкой и с достаточно информативной семантической нагрузкой в независимости от типа ландшафта (ис-

кусственный и реалистический). Для РМ значение ПОСШ сегментов со значимой семантической информативностью находится на уровне не ниже 60 дБ. Для стандартизированных технологий (СтМ1 и СтМ2), наоборот для сегментов со значимой семантической нагрузкой наблюдается резкое падение и значений ПОСШ и величины визуальной оценки целостности информации сегментов, вплоть до ее полного разрушения, что показано на рис. 6.5б и рис. 6.6б. При этом значение ПОСШ сегментов со значимой семантической нагрузкой не поднимается выше 20 дБ;

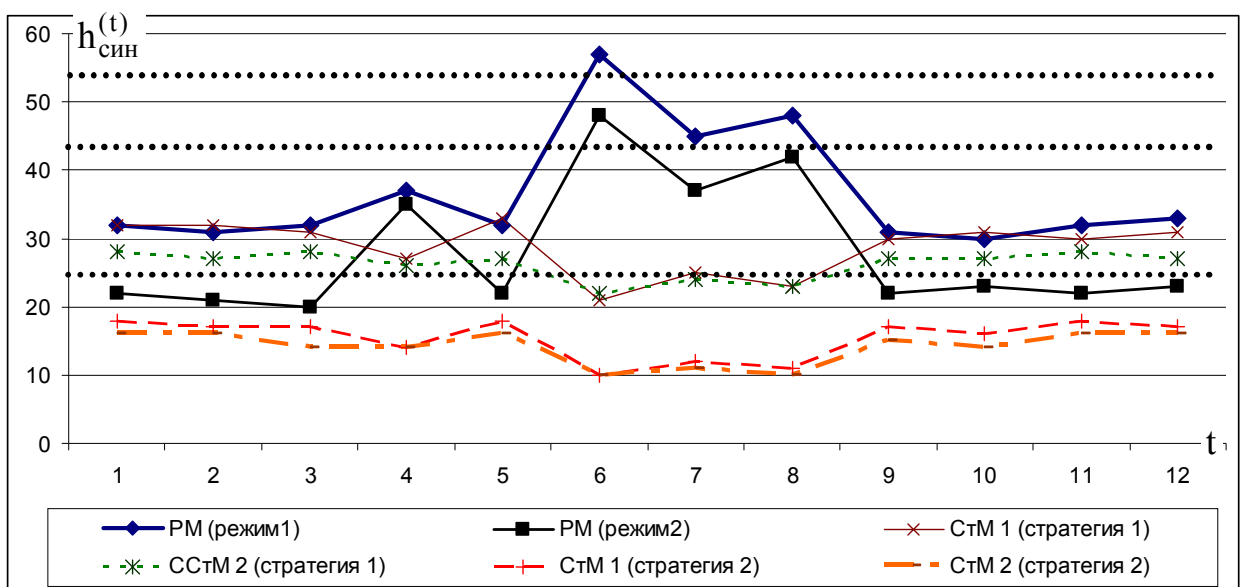


Рис. 6.8. Динамическая оценка ПОСШ для разных методов обработки видеокадров с реалистическим ландшафтом в зависимости от семантической плотности сегментов

2) наибольшие значения ПОСШ достигаются для разработанного метода. При этом выигрыш для РМ в режиме 1 относительно стандартизированных технологий в стратегии квантования 1 достигается на уровне 7 дБ для сегментов с незначимой семантической нагрузкой и 50 дБ для сегментов со значимой семантической нагрузкой. При этом в режимах 1 и 2 для разработанного метода обеспечивается доступность дистанционного информационного ресурса в реальном времени. Наоборот, для стандартизированных технологий доступ в реальном времени достигается для второй стратегии кван-

тования. С учетом чего выигрыш для РМ относительно СтМ в среднем дополнительно увеличивается на 10 – 15 дБ;

3) в динамике оценки сегментов для РМ более 90% сегментов попадают под нижний допустимый критический уровень ПОСШ. При этом сегменты со значимой семантической нагрузкой на 100% попадают выше уровня максимальной критической границы ПОСШ. Для СтМ в трубу по нижнему критическому уровню ПОСШ попадают только сегменты с незначимой семантикой контекста, и только в режиме квантования 2. Сегменты со значимой семантикой контекста не попадают даже в нижнюю границу критических значений ПОСШ.

Значит, разработанный метод обработки ВИР с интеллектуальной идентификацией их семантического содержания обеспечивает возможность для сохранения целостности сегментов видеокадров.

Оценка вероятности сохранения целостности проводится для фрагментов трех типов с различной степенью насыщенности мелкими деталями (приложение А).

Результаты оценок по вероятности $P(1; h \geq h_{\text{крит}})$ и $P(2; h \geq h_{\text{крит}})$ сохранения целостности соответственно с позиции значимых по семантической информативности сегментов и с позиции достаточно семантически информативных сегментов в зависимости от степени насыщенности видеокадра мелкими деталями и типа ландшафта (искусственный и реалистичный) для разных методов синтаксического представления рассматривается в табл. 6.1 и табл. 6.2.

Анализ представленных в табл. 6.1 и табл. 6.2 результатов позволяет сделать следующие заключения:

1. Для разработанного метода в режиме 1 вероятность потери целостности видеоинформационных ресурсов по динамике обработки сегментов со значимой семантической информативностью не превышает 5 %, а с достаточно информативной семантической нагрузкой не превышает 3 %. Такой результат обусловлен идентификацией некоторого количества сегментов с

достаточной семантической нагрузкой как сегментов со значимым семантическим контекстом. С позиции стандартов дешифрирования аэрофотоснимков в кризисных ситуациях такие результаты являются допустимыми.

Таблица 6.1

Зависимость величины $(1 - P(1; h < h_{\text{крит}}))$ для разных типов снимков и методов синтаксического представления

Метод синтаксического представления видеокadra		Тип снимков	
		Сильнонасыщенные с искусственным ландшафтом	Средненасыщенные с реалистическим ландшафтом
Разработанный	Режим 1	0,9	0,957
	Режим 2	0,86	0,92
Стандартный 1	Стратегия 1	0,6	0,65
	Стратегия 2	0,4	0,45
Стандартный 2	Стратегия 1	0,62	0,6
	Стратегия 2	0,42	0,4

Таблица 6.2

Зависимость величины $(1 - P(2; h < h_{\text{крит}}))$ для разных типов снимков и методов синтаксического представления

Метод синтаксического представления видеокadra		Тип снимков	
		Сильнонасыщенные с искусственным ландшафтом	Средненасыщенные с реалистическим ландшафтом
Разработанный	Режим 1	0,93	0,97
	Режим 2	0,87	0,93
Стандартный 1	Стратегия 1	0,65	0,67
	Стратегия 2	0,45	0,48
Стандартный 2	Стратегия 1	0,67	0,6
	Стратегия 2	0,43	0,42

2. Наоборот, для стандартизированных технологий синтаксического представления видеокadров вероятности потери целостности соответственно

принимают значений от 40 до 60 % и от 35 до 55 %. Теряется более половины всей значимой информации видеокadra. Такие результаты с позиции стандартов дешифрирования аэрофотоснимков в кризисных ситуациях являются крайне не допустимыми.

3. Для разработанного метода в режиме 2 достигаются приемлемые результаты относительно потери целостности аэрофотоснимков, которые находятся на уровнях: для сегментов со значимым семантическим контекстом в среднем не более 9 % и сегментов с достаточно информативной семантической нагрузкой в среднем не более 8 %.

Значит, разработанный метод формирования информативного синтаксического описания видеокadров с интеллектуальной идентификацией семантической информативности обеспечивает условия для сохранения целостности аэрофотоснимков с различной степенью насыщенности деталями и разным ландшафтом.

В тоже время, очевидно, что чем меньше вероятность потери целостности, тем больше будет вероятность потери доступности, и, наоборот. Поэтому требуется оценить характеристики разработанного метода относительно создания условий по обеспечению необходимого уровня доступности и целостности ВИР.

6.3 Построение метода оценки доступности дистанционного информационного ресурса в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций

Рассмотрим оценку доступности дистанционного видеоинформационного ресурса в системах аэромониторинга кризисных ситуаций.

Основной характеристикой доступности дистанционного ВИР является время задержки по предоставлению доступа к информации.

Отсюда потеря доступности дистанционного видеoinформационного ресурса наступит в случае наступления события, когда реальное время $T_{рд}$ по доступности к дистанционному ВИР будет превышать критическое время $T_{крит}$ доступности (требуемый уровень), т.е. [31; 40; 138; 146; 154; 189]:

$$T_{рд} = f_T(F_M; F(I)_{рп}; F(\Psi^{(1)})_к^{(1)}; F(L(\xi)_i^{(k,\ell)}); U_к)_{рд} > T_{крит},$$

где $T_{рд} = f_T(F_M; F(I)_{рп}; F(\Psi^{(1)})_к^{(1)}; F(L(\xi)_i^{(k,\ell)}); U_к)_{рд}$ - реальное время доступности к статическому ВИР по радиоканалу с пропускной способностью $U_к$, в случае синтаксического представления видеоресурса с использованием созданной технологии, задаваемой функционалами:

- $F(\Psi^{(1)})_к^{(1)}$ - функциональное преобразование, задающее метод кодирования (синтаксического преобразования, соответствующего семантического содержания) ВИР с учетом множества $\Psi^{(1)} = \Delta(\xi)_i$ выявленных закономерностей;

- $F(L(\xi)_i^{(k,\ell)})$ - правило формирования двоичного кодового представления $L(\xi)_i^{(k,\ell)}$;

$T_{крит}$ - критическое время относительно доступности дистанционного ВИР, задаваемое комплексом требований в системе аэромониторинга кризисных ситуаций с учетом особенностей решаемых задач.

Соответственно вероятность потери доступности определяется как вероятность $P(T_{рд} > T_{крит})$ наступления события ($T_{рд} > T_{крит}$). Наоборот, вероятность обеспечения доступности дистанционного ВИР задается как вероятность $P(T_{рд} < T_{крит})$ наступления события ($T_{рд} < T_{крит}$), т.е.

$$P(T_{рд} < T_{крит}) = 1 - P(T_{рд} > T_{крит}).$$

На основе заданных значений времени $T_{\text{крит}}$ и скорости $U_{\text{к}}$ информационного радиоканала, можно оценить критический объем $V_{\text{крит}}$ информационного ресурса, который будет доступным за время $T_{\text{крит}}$. Величина $V_{\text{крит}}$ оценивается по формуле

$$V_{\text{крит}} = T_{\text{крит}} U_{\text{к}} \text{ (бит).}$$

Отсюда можно сформулировать следующее определение [31; 40; 138].

Определение. Критический объем (вес) информационного ресурса это максимально доступный объем информационного ресурса для заданных значений $T_{\text{крит}}$ и $U_{\text{к}}$ в системе аэромониторинга.

С учетом чего оценка критически доступного количества $v_{\text{крит}}$ элементов исходного ВИР будет определяться как произведение синтаксической плотности $\eta_{\text{син}}^{(\text{инт})}$ интегрированной по всему кадру и критического объема $V_{\text{крит}}$ видеоресурса, т.е.

$$v_{\text{крит}} = \eta_{\text{син}}^{(\text{инт})} V_{\text{крит}} \text{ (элементов).}$$

Здесь величина синтаксической плотности $\eta_{\text{син}}^{(\text{инт})}$ для всего видеокadra (интегрированная по всему кадру) находится по формуле

$$\eta_{\text{син}}^{(\text{инт})} = \frac{v_{\text{см}} v_{\text{см}} N_1 N_2}{V(S)_{\text{инф}}} = \frac{v_{\text{см}} v_{\text{см}} N_1 N_2}{\sum_{k=1}^{N_1} \sum_{\ell=1}^{N_2} \left(\sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{v(i)_{\text{квп}}^{(k,\ell)}} (V(\xi)_{i,\text{max}}^{(k,\ell)} + V(\Delta(\xi))_i^{(k,\ell)}) \right)}.$$

Определение. Критическое количество элементов видеоресурса в системе обеспечения его информационной безопасности это максимально доступное количество элементов аэрофотоснимка в системе аэромониторинга с

параметрами $T_{\text{крит}}$ и $U_{\text{к}}$ на основе использования разработанного двухконцептуального метода формирования эффективного синтаксического представления видеокадров [31; 40; 138; 146; 154; 189].

В тоже время данная оценка величины $v_{\text{крит}}$ не учитывает зависимость синтаксической плотности эффективного синтаксического представления сегмента видеокадра от степени $\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}$ его семантической информативности. Поэтому для повышения точности оценки критического количества доступных элементов видеоресурса предлагается использовать следующие выражения:

$$v(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}} = \eta_{\text{син}}^{(1)} V_{\text{крит}} ;$$

$$v(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(2)})_{\text{крит}} = \eta_{\text{син}}^{(2)} V_{\text{крит}} ;$$

$$v(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(3)})_{\text{крит}} = \eta_{\text{син}}^{(3)} V_{\text{крит}} .$$

Здесь $\eta_{\text{син}}^{(1)}$, $\eta_{\text{син}}^{(2)}$ и $\eta_{\text{син}}^{(3)}$ - усредненная синтаксическая плотность по сегментам, характеризующимся соответственно как значимые по семантической информативности, достаточно информативные и незначимые по степени семантического содержания; $v(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}$, $v(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(2)})_{\text{крит}}$, $v(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(3)})_{\text{крит}}$ - критическое количество (максимальное количество) доступных элементов сегментов видеоресурса, характеризующихся соответственно как значимые по семантической информативности, достаточно информативные и незначимые по степени семантического содержания.

Соответственно предлагается оценивать потерю доступности видеоресурса по доступности сегментов с учетом степени их семантической информативности. В этом случае используются такие формулы:

$$P(T_{\text{рд}} < T_{\text{крит}})^{(1)} = 1 - P(T_{\text{рд}} > T_{\text{крит}})^{(1)} = \frac{q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}}{|\Phi(1)_{\text{зис}}|};$$

$$P(T_{\text{рд}} < T_{\text{крит}})^{(2)} = 1 - P(T_{\text{рд}} > T_{\text{крит}})^{(2)} = \frac{q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(2)})_{\text{крит}}}{|\Phi(2)_{\text{зис}}|};$$

$$P(T_{\text{рд}} < T_{\text{крит}})^{(3)} = 1 - P(T_{\text{рд}} > T_{\text{крит}})^{(3)} = \frac{q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(3)})_{\text{крит}}}{|\Phi(3)_{\text{зис}}|}.$$

В данных формулах используются следующие обозначения:

$q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}$, $q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(2)})_{\text{крит}}$, $q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(3)})_{\text{крит}}$ - критическое (максимальное) количество доступных сегментов, характеризующихся соответственно как значимые по семантической информативности, достаточно информативные и незначимые по степени семантического содержания;

$|\Phi(1)_{\text{зис}}|$, $|\Phi(2)_{\text{зис}}|$, $|\Phi(3)_{\text{зис}}|$ - суммарное для видеокadra количество сегментов, характеризующихся соответственно как значимые по семантической информативности, достаточно информативные и незначимые по степени семантического содержания.

При этом величины $q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}$, $q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(2)})_{\text{крит}}$, $q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(3)})_{\text{крит}}$ оцениваются соответственно с использованием следующих соотношений:

$$q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}} = \frac{\eta_{\text{син}}^{(1)} V_{\text{крит}}}{v_{\text{см}} v_{\text{см}}};$$

$$q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(2)})_{\text{крит}} = \frac{\eta_{\text{син}}^{(2)} V_{\text{крит}}}{v_{\text{см}} v_{\text{см}}};$$

$$q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(2)})_{\text{крит}} = \frac{\eta_{\text{син}}^{(2)} V_{\text{крит}}}{v_{\text{см}} v_{\text{см}}},$$

где $v_{см}$ - линейный размер сегмента видеокадра.

Чтобы за время $T_{крит}$ была обеспечена доступность ко всему видеокадру размером $N_1 \times N_2$ в независимости от количества сегментов с различной семантической информативностью необходимо обеспечить, такое эффективное его синтаксическое представление, для которого синтаксическая плотность $\eta_{син}^{(инт)}$ будет равна

$$\eta_{син}^{(инт)} = \frac{N_1 \times N_2}{V_{крит}}.$$

Для оценки синтаксической плотности можно использовать оценку $\eta_{син}^{(дин)}$ - синтаксическая плотность, распределенная в динамике по кадру. Данная величина оценивается с использованием соотношения:

$$\eta_{син}^{(дин)} = f(V(S^{(k,\ell)})) = \sum_{k=1}^{N_1} \sum_{\ell=1}^{N_2} \left(\frac{v_{см} \cdot v_{см}}{\sum_{i=1}^{v_{см}} \sum_{\xi=1}^{v(i)_{квп}^{(k,\ell)}} (V(\xi)_{i,max}^{(k,\ell)} + V(\Delta(\xi))_i^{(k,\ell)})} \right).$$

$$\approx \sum_{k=1}^{N_1} \sum_{\ell=1}^{N_2} \left(\frac{v_{см} \cdot v_{см}}{\sum_{i=1}^{v_{см}} \sum_{\xi=1}^{v(i)_{квп}^{(k,\ell)}} (r(\xi)_{i,o} \log_2(\delta(\xi)_{i,n}^{(max)} + 1) + r(\xi)_{i,\delta} \log_2 \delta(\xi)_{i,\delta}^{(max)} + 1)} \right)$$

Последнее выражение позволяет провести оценку синтаксической плотности в динамике по сегментам видеокадра. Здесь допускается возможность оценить характер изменения синтаксической плотности в зависимости от структурных характеристик сегментов.

6.4. Сравнительная оценка методов обработки дистанционных видеоинформационных ресурсов относительно обеспечения их доступности в условиях требуемого уровня целостности

Проведем сначала оценку синтаксической плотности $\eta_{\text{син}}^{(k,\ell)}$ сегмента видеоснимка в динамике в зависимости от степени его семантической насыщенности. В качестве временного параметра t используется номер сегмента в строке видеокадра. Тогда предлагается ввести следующее обозначение $\eta(t)_{\text{син}}$ [31; 40; 138; 146; 154; 189]:

$$\eta_{\text{син}}^{(k,\ell)} = \eta(t)_{\text{син}}.$$

Оценка по текущей синтаксической плотности $\eta(t)_{\text{син}}$ для сегмента $S^{(k,\ell)} = S^{(t)}$ видеокадра (усредненная по строкам и контурированным последовательностям) вычисляется как

$$\eta(t)_{\text{син}} = \eta_{\text{син}}^{(k,\ell)} = \frac{V_{\text{см}} \cdot V_{\text{см}}}{V(S^{(t)})} = \frac{V_{\text{см}} \cdot V_{\text{см}}}{\sum_{i=1}^{V_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{V_{\text{КВП}}^{(i)}(t)} (V(\xi)_{i,\text{max}}^{(t)} + V(\Delta(\xi))_i^{(t)})},$$

где $V(\xi)_{i,\text{max}}^{(t)}$ - максимальное количество разрядов на двоичное кодирование $L(\xi)_i^{(t)}$ кодового значения $E(\Delta(\xi)_i; r(\xi)_i)$ для ξ -й контурированной видеопоследовательности i -й строки t -го сегмента видеокадра;

$V(\Delta(\xi))_i^{(t)}$ - количество разрядов на представление служебной составляющей ξ -й кодовой конструкции t -го сегмента видеокадра;

$V(S^{(t)})$ - суммарная длина информационной части кодовых конструкций синтаксического описания t -го сегмента;

$v(i)_{\text{КВП}}^{(t)}$ - количество КВП в i -й строки t -го сегмента видеокадра.

Соответственно величина абсолютного прироста $\Delta k_{\text{син}}^{(k,\ell)}$ по синтаксической плотности сегмента, определяется как

$$\Delta k_{\text{син}}^{(k,\ell)} = \Delta k(t)_{\text{син}} = b / \bar{V}^{(t)} = \frac{v_{\text{см}} \cdot v_{\text{см}} b}{\sum_{i=1}^{v_{\text{см}}} \sum_{\xi=1}^{v(i)_{\text{КВП}}^{(t)}} (V(\xi)_{i,\text{max}}^{(t)} + V(\Delta(\xi))_i^{(t)})}.$$

Здесь $\bar{V}^{(t)}$ - количество бит эффективного синтаксического представления, приходящегося на один элемент t -го сегмента.

Экспериментальная оценка величин $\eta(t)_{\text{син}}$ и $\Delta k(t)_{\text{син}}$ для сегментов фрагмента снимка 1 (фрагмент аэродрома) для разработанного и стандартизированных методов в различных режимах учета визуального восприятия видеокадров, показаны соответственно на рис. 6.9 и 6.10.

Анализ результатов, представленных в виде графиков на рис. 6.9 и 6.10, позволяет заключить следующее:

1) для разработанного метода на основе двухконцептуального подхода с интеллектуальной идентификацией семантической нагрузки сегментов кадра достигается эффективное синтаксическое описание ВИР. Значение синтаксической плотности для сегментов со значимым семантическим контекстом, с достаточно информативным семантическим содержанием и незначимой семантической нагрузкой принимает в среднем значения соответственно равные 1,68; 0,92 и 0,7 элемент/бит в режиме 1 и соответственно 3,5; 2,2 и 1,3 элемент/бит в режиме 2;

2) для РМ по сравнению с исходным синтаксическим описанием ВИР синтаксическая плотность для сегментов со значимым семантическим контекстом, с достаточно информативным семантическим содержанием и незна-

чимой семантической нагрузкой увеличивается (абсолютный прирост, коэффициент сжатия) в среднем соответственно в 10; 20 и 40 раз в режиме 1 и соответственно 25; 57 и 89 раз в режиме 2;

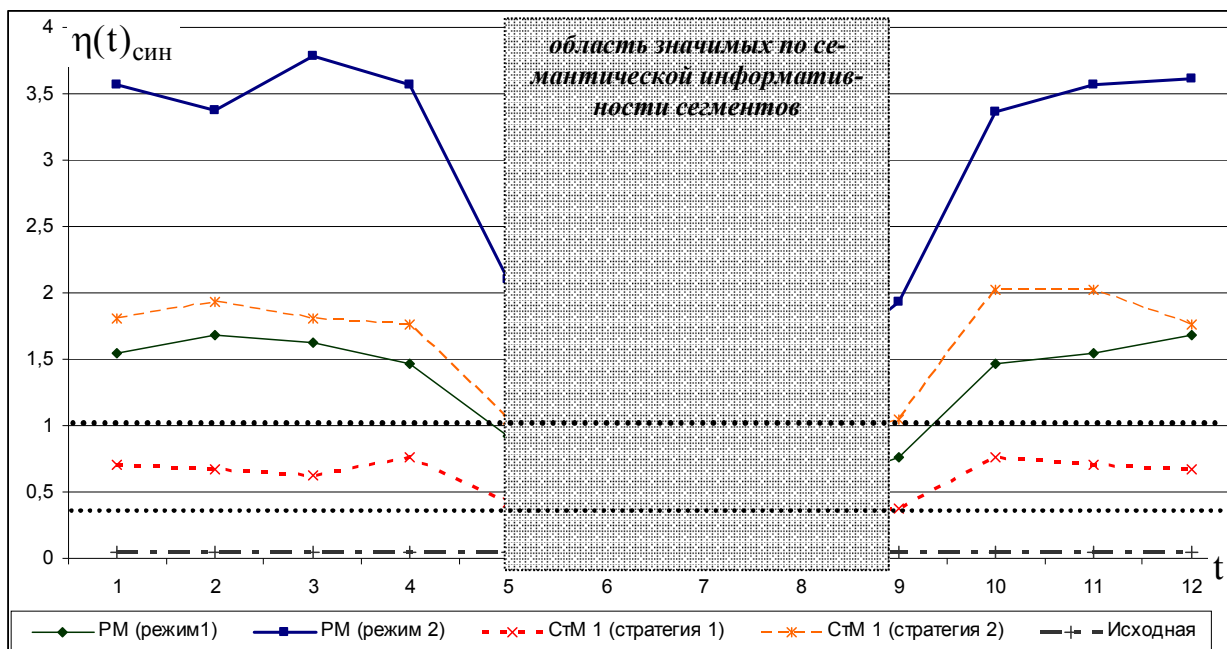


Рис. 6.9. Оценки синтаксической плотности сегментов для видеокadra «Аэродром» с разной семантической информативностью для разработанного и стандартизированных методов

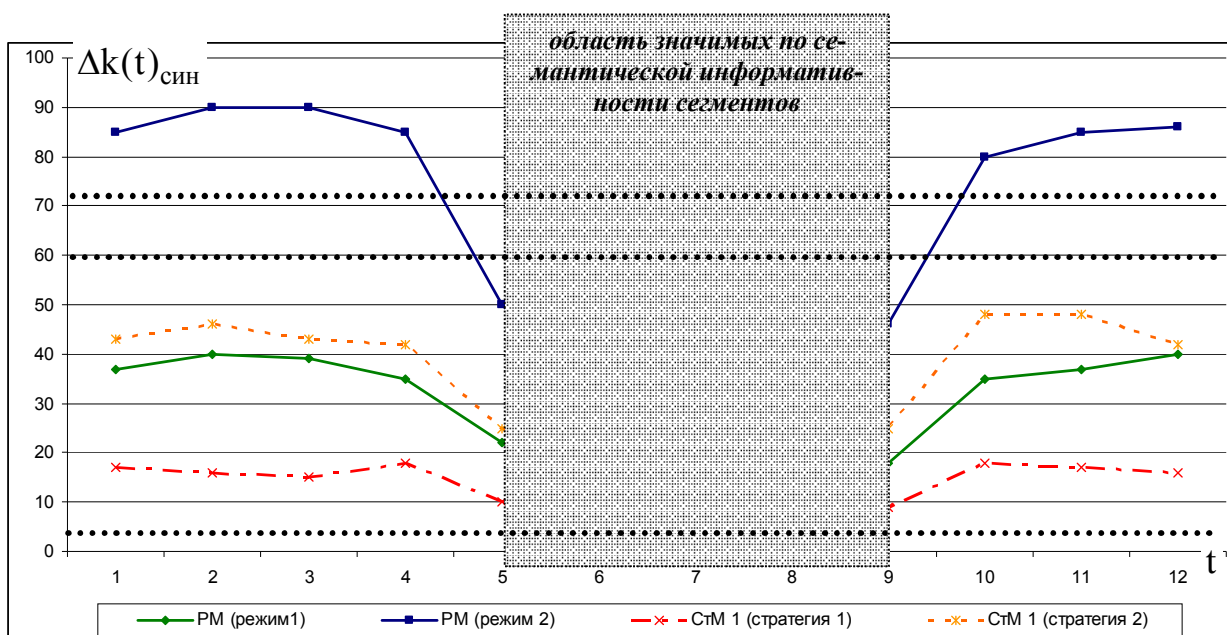


Рис. 6.10. Оценки величины $\Delta k(t)_{\text{син}}$ в динамике по сегментам для видеокadra «Аэродром» с разной семантической информативностью

3) режим 2 для разработанного метода обеспечивается повышение синтаксической плотности по сравнению с первым режимом в среднем в 2,5 – 3 раза.

4) для РМ по сравнению со стандартизированными технологиями обеспечивается увеличение синтаксической плотности в следующих случаях:

- наибольшее в динамике по сегментам с разной семантической нагрузкой значения синтаксической плотности достигается для РМ в режиме 2. Выигрыш по сравнению с СтМ достигается в среднем в 5 раз для стратегии квантования 1 и в среднем в 1,5 – 2 раза для режима 2;

- выигрыш по всей динамике обработки сегментов для РМ в режиме 1 достигается относительно метода СтМ для первой стратегии квантования, и составляет в среднем 1,5 – 2,5 раз.

Рассмотрим теперь оценку доступности к ВИР на основе разработанного метода в режимах 1 (РМ 1) и 2 (РМ 2) и стандартизированных технологий с учетом использования двух стратегий квантования коэффициентов преобразования (СтМ стратегия 1 и СтМ стратегия 2).

Для оценки вероятности, с которой метод обработки видеок кадров обеспечивает возможность относительно доступности видеоинформационного ресурса предлагается учитывать то, что для дешифровки аэрофотоснимков ключевую роль играют сегменты со значимой семантической нагрузкой. В связи с чем, проведем оценку вероятности $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$ обеспечения доступности ВИР с позиции доступности сегментов со значимым семантическим контекстом. Здесь используется следующая формула:

$$P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)} = 1 - P(T_{рд} > T_{крит})^{(1)} = \frac{q(\eta(F_m, F(I)_{рп})_{исм})_{крит}^{(1)}}{|\Phi(1)_{зис}|}.$$

В данной формуле величина $q(\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм}^{(1)})_{крит}$ является максимальным количеством сегментов со значимым семантическим контекстом, для которых обеспечивается доступность в системе аэромониторинга с параметрами $T_{крит}$ и U_k на основе использования метода обработки ВИР. Величина $q(\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм}^{(1)})_{крит}$ оценивается как:

$$q(\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм}^{(1)})_{крит} = \frac{\eta_{син}^{(1)} V_{крит}}{V_{см} V_{см}} = \frac{\eta_{син}^{(1)} T_{крит} U_k}{V_{см} V_{см}}.$$

Величина $|\Phi(1)_{зис}|$ является суммарным количеством сегментов со значимой семантической информативностью в аэрофотоснимке, доступность к информации которого в системе АМ требуется обеспечить с использованием метода его обработки. Данная величина зависит от степени насыщенности аэрофотоснимка мелкими деталями. Для аэрофотоснимков используются три градации сложности в зависимости от процентного Δ_1 содержания в них сегментов со значимым семантическим контекстом, а именно:

- высокая насыщенность деталями, соответствует варианту когда $\Delta_1 \geq 70\%$;
- повышенная насыщенность - $50\% \leq \Delta_1 < 70\%$;
- средняя (умеренная) насыщенность, когда $30\% \leq \Delta_1 < 50\%$.

Величина Δ_1 рассчитывается с помощью выражения:

$$\Delta_1 = \frac{|\Phi(1)_{зис}|}{q_{исх}} \cdot 100\%,$$

где $q_{исх}$ - суммарное количество сегментов в аэрофотоснимке размером $N_1 \times N_2$, равное

$$q_{\text{исх}} = N_1 N_2 / v_{\text{см}} v_{\text{см}}.$$

Соответственно суммарное количество $q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})^{(1)})_{\text{исм}}_{\text{р}}$ сегментов со значимой семантической информативностью в аэрофотоснимке, доступность которого необходимо обеспечить, находится с использованием соотношения:

$$q(\eta(F_M, F(I)_{\text{рп}})^{(1)})_{\text{исм}}_{\text{р}} = q_{\text{исх}} \frac{\Delta_1 \%}{100\%} = |\Phi(I)_{\text{зис}}|.$$

Для экспериментальной оценки вероятности $P(T_{\text{рд}} < T_{\text{крит}})^{(1)}$ используются:

1) бортовые комплексы со скоростью передачи полезной информации равной $U_{\text{к}} = 256$ Кбит/с, $U_{\text{к}} = 512$ Кбит/с, $U_{\text{к}} = 2$ Мбит/с;

2) два режима обработки, а именно:

- режим 1. Используется ограничение на критическое время $T_{\text{крит}} = 1$, а форматы снимков устанавливаются соответственно формат HD (1280 x 720), формат Full HD (1920 x 1080), формат Advanced HD (2048 x 1080);

- режим 2. Используется ограничение на критическое время $T_{\text{крит}} = 10$, а форматы снимков устанавливаются соответственно как малоформатный до 6 Мпк, среднеформатный до 24 Мпк и широкоформатный порядка 48 Мпк;

3) для обработки используются аэрофотоснимки с тремя градациями степени насыщенности сегментами, имеющими значимое по информативности семантическое содержание (приложение А).

При этом необходимо учитывать, что для стандартизированных технологий отсутствует механизм интеллектуальной поддержки относительно идентификации сегментов по семантической информативности. Поэтому количество сегментов с различным семантическим содержанием будут в равной степени распределяться по допустимому количеству сегментов. Тогда

получим следующую формулу для оценки количества сегментов значимой информативностью для стандартизированных методов:

$$q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)} = \frac{\Delta_1 \cdot q(\text{СТМ})_{\text{крит}}}{100}$$

Здесь количество $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}$ допустимых сегментов определяется как:

$$q(\text{СТМ})_{\text{крит}} = \frac{\eta(\text{СТМ})_{\text{син}} V_{\text{крит}}}{V_{\text{см}} V_{\text{см}}} = \frac{\eta(\text{СТМ})_{\text{син}} T_{\text{крит}} U_{\text{к}}}{V_{\text{см}} V_{\text{см}}},$$

где $\eta(\text{СТМ})_{\text{син}}$ - синтаксическая плотность для описания видеокadra на основе стандартизированных методов.

Наоборот, для разработанного метода обработки ВИР обеспечивается возможность обеспечить доступность в первую очередь значимым по семантическому содержанию сегментам.

Результаты эксперимента для первого режима представлены в табл. 6.3 – 6.5. Здесь используется следующая вспомогательная информация:

1. Для табл. 6.3 :
 - $T_{\text{крит}} = 1 \text{ с}$, $U_{\text{к}} = 256 \text{ Кбит/с}$;
 - $q(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}$: для РМ режим 1 – 105 блоков, для РМ режим 2 – 322 блоков;
 - $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}$: 256; $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)}$: 70 % - 179, 50 % - 128, 30 % - 76 концепция квантования 2.
2. Для табл. 6.4:
 - $T_{\text{крит}} = 1 \text{ с}$, $U_{\text{к}} = 512 \text{ Кбит/с}$;
 - $q(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}$ для РМ режим 1 – 215 блоков, для РМ режим 2 – 645 блоков;
 - $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}$ 512; $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)}$: 70 % - 358, 50 % - 256, 30 % - 153.

Таблица 6.3.-

Зональная диаграмма распределения величины $q(\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм})_{крит}^{(1)}$ для различных величин Δ_1 , $q_{исх}$, $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$, $T_{крит}$, U_k в зависимости от метода обработки ВИР

Характеристики кадров по степени насыщенности		Вероятность $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$ сохранения доступности ВИР с позиции сегментов со значимым семантическим контекстом							
Δ_1 , %	$ \Phi(1)_{зис}|$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $0,9 \cdot 10^3$ (формат HD)									
70%	0,65	0,19	0,26	0,32	0,39	0,45	0,52	0,55	0,58
50%	0,46	0,14	0,18	0,23	0,28	0,32	0,37	0,39	0,42
30%	0,28	0,08	0,11	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24	0,25
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $2,4 \cdot 10^3$ (формат Full HD)									
70%	1,68	0,50	0,67	0,84	1,01	1,18	1,34	1,43	1,51
50%	1,2	0,36	0,48	0,6	0,72	0,84	0,96	1,02	1,08
30%	0,72	0,21	0,29	0,36	0,43	0,50	0,58	0,61	0,65
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $3 \cdot 10^3$ (формат Advanced HD)									
70%	2,1	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,79	1,89
50%	1,5	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,2	1,28	1,35
30%	0,9	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,77	0,81

Используются следующие обозначения зон:

	- РМ режим 2		- РМ режим 2 и СтМ концепция квантования 2		- РМ режим 2 и 1
	- РМ режим 2 и 1 и СтМ концепция квантования 2		- РМ режим 2 и 1 и СтМ концепция квантования 2 и 1		

Таблица 6.4.-

Зональная диаграмма распределения величины $q(\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм}^{(1)})_{крит}$ для различных величин Δ_1 , $q_{исх}$, $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$, $T_{крит}$, U_k в зависимости от метода обработки ВИР

Характеристики кадров по степени насыщенности		Вероятность $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$ сохранения доступности ВИР с позиции сегментов со значимым семантическим контекстом								
Δ_1 , %	$ \Phi(1)_{зис}|$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	1
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $0,9 \cdot 10^3$ (формат HD)										
70%	0,65	0,19	0,26	0,32	0,39	0,45	0,52	0,55	0,58	
50%	0,46	0,14	0,18	0,23	0,28	0,32	0,37	0,39	0,42	0,46
30%	0,28	0,08	0,11	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24	0,25	0,28
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $2,4 \cdot 10^3$ (формат Full HD)										
70%	1,68	0,50	0,67	0,84	1,01	1,18	1,34	1,43	1,51	
50%	1,2	0,36	0,48	0,6	0,72	0,84	0,96	1,02	1,08	
30%	0,72	0,21	0,29	0,36	0,43	0,50	0,58	0,61	0,65	
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $3 \cdot 10^3$ (формат Advanced HD)										
70%	2,1	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,79	1,89	
50%	1,5	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,2	1,28	1,35	
30%	0,9	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,77	0,81	

Таблица 6.5.-

Зональная диаграмма распределения величины $q(\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм}^{(1)})_{крит}$ для различных величин Δ_1 , $q_{исх}$, $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$, $T_{крит}$, U_k в зависимости от метода обработки ВИР

Характеристики кадров по степени насыщенности		Вероятность $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$ сохранения доступности ВИР с позиции сегментов со значимым семантическим контекстом								
Δ_1 , %	$ \Phi(1)_{зис}|$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	1
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $0,9 \cdot 10^3$ (формат HD)										
70%	0,65	0,19	0,26	0,32	0,39	0,45	0,52	0,55	0,58	
50%	0,46	0,14	0,18	0,23	0,28	0,32	0,37	0,39	0,42	0,46
30%	0,28	0,08	0,11	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24	0,25	0,28
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $2,4 \cdot 10^3$ (формат Full HD)										
70%	1,68	0,50	0,67	0,84	1,01	1,18	1,34	1,43	1,51	
50%	1,2	0,36	0,48	0,6	0,72	0,84	0,96	1,02	1,08	
30%	0,72	0,21	0,29	0,36	0,43	0,50	0,58	0,61	0,65	
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $3 \cdot 10^3$ (формат Advanced HD)										
70%	2,1	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,79	1,89	
50%	1,5	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,2	1,28	1,35	
30%	0,9	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,77	0,81	

2. Для табл. 6.5:

- $T_{\text{крит}} = 1$ с, $U_{\text{к}} = 2000$ Кбит/с;

- $q(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}$ для РМ режим 1 – 840 блоков, для РМ режим 2 – 2520 блоков;

- $q(\text{СТМ})_{\text{крит}} 2000$; $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)}$: 70 % - 1400, 50 % - 1000, 30 % - 600 концепция 2;

- $q(\text{СТМ})_{\text{крит}} 660$; $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)}$: 70 % - 462, 50 % - 330, 30 % - 198 концепция 1.

На основе анализа результатов экспериментов, приведенных в табл. 6.3 – 6.5, можно заключить следующее:

1. Для режима передачи $T_{\text{крит}} = 1$ с по низкоскоростным радиоканалам (до 512 Кбит/с) доступность с вероятностью не ниже 0,9 обеспечивается на основе разработанного метода в режиме 2 для:

- кадра формата HD в независимости от степени насыщенности деталями
- для кадра формата Full HD с низкой насыщенностью деталям (количество сегментов со значимым семантическим содержанием на уровне 30 %).

2. Для разработанного метода в режиме 1 доступность к ВИР обеспечивается на уровне:

- 80 % для кадра формата HD с низкой насыщенностью деталям (количество сегментов со значимым семантическим содержанием на уровне 30 %)

3. Для среднескоростных радиоканалов (2 Мбит/с) для разработанного метода в режиме 2 достигается полная доступность к ВИР в независимости от их степени насыщенности для форматов кадров HD, Full HD и Advanced HD

4. Для разработанного метода в режиме 1 полная доступность достигается для кадров форматов HD в независимости от их степени насыщенности, а для кадров Full HD и Advanced HD доступность обеспечивается с вероятностями на уровне от 0,95 до 1 для кадров с низкой степенью насыщенности деталями.

5. Разработанный метод в режиме 2 обеспечивает выигрыш по доступности к ВИР относительно стандартизированных технологий с второй стратегией квантования, а именно:

- для низкоскоростных каналов в от 2 до 3 раз;
- для среднескоростных радиоканалов от 15 до 30 %

6. Разработанный метод в режиме 1 обеспечивает выигрыш по доступности к ВИР относительно стандартизированных технологий с второй стратегией квантования, а именно:

- для низкоскоростных радиоканалов для кадров с низкой степенью насыщенности в среднем на 30 %.

7. Стандартизированные технологии для низкоскоростных каналов не обеспечивают требуемую доступность к ВИР (вероятность обеспечения доступности по сегментам со значимым семантическим контекстом не превышает 30 %).

8. Общий выигрыш по безопасности ВИР (целостность и доступность) достигается во всех режимах, для которых обеспечивается выигрыш для разработанного метода по доступности к ВИР.

Результаты эксперимента для второго режима представлены в табл. 6.6 – 6.8. Здесь используется следующая вспомогательная информация:

1. Для табл. 6.6:

- $T_{\text{крит}} = 10 \text{ с}$, $U_{\text{к}} = 256 \text{ Кбит/с}$;

- $q(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}$ для РМ режим 1 – 1050 блоков, для РМ режим 2 – 3225 блоков;

- $q(\text{СТМ})_{\text{крит}} 2560$; $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)}$: 70 % - 1792, 50 % - 1280, 30 % - 768 кон-
цепция 2.

2. Для табл. 6.7:

- $T_{\text{крит}} = 10 \text{ с}$, $U_{\text{к}} = 512 \text{ Кбит/с}$;

- $q(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}$ для РМ режим 1 – 2150 блоков, для РМ режим 2 – 6450 блоков;

Таблица 6.6.-

Зональная диаграмма распределения величины $q(\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм})_{крит}^{(1)}$ для различных величин Δ_1 , $q_{исх}$, $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$, $T_{крит}$, U_k в зависимости от метода обработки ВИР

Характеристики кадров по степени насыщенности		Вероятность $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$ сохранения доступности ВИР с позиции сегментов со значимым семантическим контекстом								
Δ_1 , %	$ \Phi(1)_{зис}|$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	1
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $6 \cdot 10^3$ (малоформатный)										
70%	4,2	1,26	1,68	2,1	2,52	2,94	3,36	3,57	3,78	
50%	3	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,55	2,7	
30%	1,8	0,54	0,72	0,9	1,08	1,26	1,44	1,53	1,62	
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $12 \cdot 10^3$ (среднеформатный)										
70%	8,4	2,52	3,36	4,2	5,04	5,88	6,72	7,14	7,56	
50%	6	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,1	5,4	
30%	3,6	1,08	1,44	1,8	2,16	2,52	2,88	3,06	3,24	
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ (среднеформатный)										
70%	16,8	5,04	6,72	8,4	10,08	11,76	13,44	14,28	15,12	
50%	12	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,2	10,8	
30%	7,2	2,16	2,88	3,6	4,32	5,04	5,76	6,12	6,48	
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ (широкоформатный)										
70%	33,6	10,08	13,44	16,8	20,16	23,52	26,88	28,56	30,24	
50%	24	7,2	9,6	12	14,4	16,8	19,2	20,4	21,16	
30%	14,4	4,32	5,76	7,1	8,64	10,08	11,52	12,24	12,96	

Таблица 6.7.-

Зональная диаграмма распределения величины $q(\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм})_{крит}^{(1)}$ для различных величин Δ_1 , $q_{исх}$, $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$, $T_{крит}$, U_k в зависимости от метода обработки ВИР

Характеристики кадров по степени насыщенности		Вероятность $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$ сохранения доступности ВИР с позиции сегментов со значимым семантическим контекстом									
$\Delta_1, \%$	$|\Phi(1)_{зис}|$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	1	
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $6 \cdot 10^3$ (малоформатный)											
70%	4,2	1,26	1,68	2,1	2,52	2,94	3,36	3,57	3,78		
50%	3	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,55	2,7		
30%	1,8	0,54	0,72	0,9	1,08	1,26	1,44	1,53	1,62		
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $12 \cdot 10^3$ (среднеформатный)											
70%	8,4	2,52	3,36	4,2	5,04	5,88	6,72	7,14	7,56		
50%	6	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,1	5,4		
30%	3,6	1,08	1,44	1,8	2,16	2,52	2,88	3,06	3,24		
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ (среднеформатный)											
70%	16,8	5,04	6,72	8,4	10,08	11,76	13,44	14,28	15,12		
50%	12	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,2	10,8		
30%	7,2	2,16	2,88	3,6	4,32	5,04	5,76	6,12	6,48		
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ (широкоформатный)											
70%	33,6	10,08	13,44	16,8	20,16	23,52	26,88	28,56	30,24		
50%	24	7,2	9,6	12	14,4	16,8	19,2	20,4	21,16		
30%	14,4	4,32	5,76	7,1	8,64	10,08	11,52	12,24	12,96		

Таблица 6.8.-

Зональная диаграмма распределения величины $q(\eta(F_M, F(I)_{рп})_{исм})_{крит}^{(1)}$ для различных величин Δ_1 , $q_{исх}$, $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$, $T_{крит}$, U_k в зависимости от метода обработки ВИР

Характеристики кадров по степени насыщенности		Вероятность $P(T_{рд} < T_{крит})^{(1)}$ сохранения доступности ВИР с позиции сегментов со значимым семантическим контекстом									
Δ_1 , %	$ \Phi(I)_{зис}|$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	1	
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $6 \cdot 10^3$ (малоформатный)											
70%	4,2	1,26	1,68	2,1	2,52	2,94	3,36	3,57	3,78		
50%	3	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,55	2,7		
30%	1,8	0,54	0,72	0,9	1,08	1,26	1,44	1,53	1,62		
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $12 \cdot 10^3$ (среднеформатный)											
70%	8,4	2,52	3,36	4,2		5,04	5,88	6,72	7,14	7,56	
50%	6	1,8	2,4	3		3,6	4,2	4,8	5,1	5,4	
30%	3,6	1,08	1,44	1,8		2,16	2,52	2,88	3,06	3,24	
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ (среднеформатный)											
70%	16,8	5,04	6,72	8,4	10,08	11,76	13,44		14,28	15,12	
50%	12	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6		10,2	10,8	
30%	7,2	2,16	2,88	3,6	4,32	5,04	5,76		6,12	6,48	
Количество $q_{исх}$ сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ (широкоформатный)											
70%	33,6	10,08	13,44		16,8	20,16	23,52		26,88	28,56	30,24
50%	24	7,2	9,6		12	14,4	16,8		19,2	20,4	21,16
30%	14,4	4,32	5,76		7,1	8,64	10,08		11,52	12,24	12,96

- $q(\text{СТМ})_{\text{крит}} = 5120$; $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)}$: 70 % - 3580, 50 % - 2560, 30 % - 1530

концепция 2;

$q(\text{СТМ})_{\text{крит}} = 1689$; $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)}$: 70 % - 1182, 50 % - 844, 30 % - 506 кон-

цепция 1.

3. Для табл. 6.8:

- $T_{\text{крит}} = 10$ с, $U_{\text{к}} = 2000$ Кбит/с;

- $q(\eta(F_{\text{м}}, F(I)_{\text{рп}})_{\text{исм}}^{(1)})_{\text{крит}}$ для РМ режим 1 – 8400 блоков, для РМ режим 2 – 25200 блоков;

- $q(\text{СТМ})_{\text{крит}} = 20000$; $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)}$: 70 % - 14000, 50 % - 10000, 30 % - 6000 концепция 2;

$q(\text{СТМ})_{\text{крит}} = 6600$; $q(\text{СТМ})_{\text{крит}}^{(1)}$: 70 % - 4620, 50 % - 3300, 30 % - 1980 концепция 1

По результатам анализа данных, приведенных в табл. 6.6 – 6.8, можно заключить следующее:

1. Для режима передачи $T_{\text{крит}} = 10$ с по низкоскоростным радиоканалам (до 512 Кбит/с) для разработанного метода в режиме 2 обеспечивается доступность к ВИР:

- с вероятностью не ниже 0,9 для малоформатных и среднеформатных аэрофотоснимков;

- для широкоформатных снимков с низкой степенью насыщенности доступность к ВИР обеспечивается с вероятностью 0,45.

2. Для разработанного метода в режиме 1 обеспечивается доступность к ВИР с низкой степенью насыщенности сегментами со значимым семантическим контекстом:

- с вероятностью не ниже 0,9 для малоформатных снимков;

- с вероятностью не выше 0,6 для среднеформатных снимков.

3. Выигрыш для разработанного метода относительно стандартизированных технологий по доступности к ВИР обеспечивается для следующих случаев:

- в режиме 2 в 2,5 раза для малоформатных снимков и от 2,5 до 5 раз для среднеформатных снимков;

- для среднеформатного снимка с количеством сегментов в кадре не ниже $12 \cdot 10^3$ стандартизированные технологии не обеспечивают доступность к ВИР (вероятность доступности к ВИР не выше 0,2). В то время как разработанный метод обеспечивает доступность с вероятностью 0,9 в режиме 2.

4. Для среднескоростных радиоканалов (на уровне 2 Мбит/с):

- 1) для разработанного метода в режиме 2 обеспечивается полная доступность к ВИР для аэрофотоснимков выбранных форматов в независимости от степени насыщенности их сегментами со значимым семантическим содержанием;

- 2) для разработанного метода в режиме 1 достигается полная доступность к ВИР для малоформатных снимков и для среднеформатных снимков в режиме низкой насыщенности, для широкоформатных снимков с низкой степенью насыщенности достигается доступность с вероятностью 0,55;

5. Выигрыш для разработанного метода относительно стандартизированных технологий достигается в следующих случаях:

- 1) для режима 2:

- среднеформатных снимков с количеством сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ на 20%;

- широкоформатных снимков с количеством сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ в 2,5 раза;

- 2) для режима 1 для снимков с низкой степенью насыщенности:

- среднеформатных снимков с количеством сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ на 20%

- широкоформатных снимков с количеством сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ на 15 %

6. В отличие от стандартизированных технологий для разработанный метод обеспечивает полную доступность:

- в режиме 2 для среднеформатных и широкоформатных снимков со средней степенью насыщенности

- в режиме 1 для среднеформатных с низкой степенью насыщенности деталями

7. Общий выигрыш по безопасности ВИР (целостность и доступность) достигается во всех режимах, для которых обеспечивается выигрыш для разработанного метода по доступности к ВИР

Выводы

1. Разработан метод оценки целостности видеоинформационных ресурсов по семантически значимым сегментам для двухконцептуального метода обработки видеокадров с идентификацией их семантической нагрузки, учитывающий следующие особенности:

1) наиболее существенная потеря целостности видеоинформационного ресурса аэромониторинга кризисных ситуаций будет происходить в случаях, когда: сегменты значимые по информативности и достаточно информативные идентифицируются как незначимые;

2) результаты первой технологической концепции оказывают влияние на результаты второй (процесс семантической обработки и идентификации сегментов оказывает влияние на параметры процесса формирования эффективного синтаксического описания ВИР), а именно:

- длина незначимой составляющей КВП зависит от качества процесса выделения контурной информации на основе выбора соответствующего метода маскирования;

- количество опорных элементов (длина интервала интерполяции) для незначимой составляющей КВП зависит от правильности идентифицированного по семантической нагрузке сегмента (зависит от класса идентификации).

3) для оценки значимости потери целостности содержания сегмента видеокadra используется критический уровень ПОСШ, зависящий от степени его насыщенности контурной информацией.

2. На основе экспериментальной оценки семантической плотности сегментов для видеокadres с разной семантической информативностью доказана адекватность метода интеллектуальной классификации сегментов по степени их семантической информативности с позиции насыщенности контурной информацией.

3. Проведенный сравнительный анализ результатов динамической обработки сегментов видеокadres с разной степенью семантической нагрузки и различным ландшафтом, по ПОСШ позволяет заключить следующее:

1) для разработанного метода (РМ) проявляется дифференциация распределения значений ПОСШ и значения визуальной оценки целостности синтаксического и семантического содержания сегментов в зависимости от класса семантической идентификации. Разработанный метод обеспечивает сохранения целостности синтаксического и семантического уровней описания сегментов СА значимой семантической нагрузкой и с достаточно информативной семантической нагрузкой в независимости от типа ландшафта (искусственный и реалистический). Для РМ значение ПОСШ сегментов со значимой семантической информативностью находится на уровне не ниже 60 дБ. Для стандартизированных технологий (СтМ1 и СтМ2), наоборот для сегментов со значимой семантической нагрузкой наблюдается резкое падение значений ПОСШ и величины визуальной оценки целостности инфор-

мации сегментов, вплоть до ее полного разрушения. При этом значение ПОСШ сегментов со значимой семантической нагрузкой не поднимается выше 20 дБ;

2) наибольшие значения ПОСШ достигаются для разработанного метода. При этом выигрыш для РМ в режиме 1 относительно стандартизированных технологий в стратегии квантования 1 достигается на уровне 7 дБ для сегментов с незначимой семантической нагрузкой и 50 дБ для сегментов со значимой семантической нагрузкой. При этом в режимах 1 и 2 для разработанного метода обеспечивается доступность дистанционного информационного ресурса в реальном времени. Наоборот, для стандартизированных технологий доступ в реальном времени достигается для второй стратегии квантования. С учетом чего выигрыш для РМ относительно СтМ в среднем дополнительно увеличивается на 10 – 15 дБ;

3) в динамике оценки сегментов для РМ более 90% сегментов попадают под нижний допустимый критический уровень ПОСШ. При этом сегменты со значимой семантической нагрузкой на 100% попадают выше уровня максимальной критической границы ПОСШ. Для СтМ в трубу по нижнему критическому уровню ПОСШ попадают только сегменты с незначимой семантикой контекста, и только в режиме квантования 2. Сегменты со значимой семантикой контекста не попадают даже в нижнюю границу критических значений ПОСШ.

Значит, разработанный метод обработки ВИР с интеллектуальной идентификацией их семантического содержания обеспечивает возможность для сохранения целостности сегментов видеокадров.

4. Проведенная оценка вероятности сохранения целостности для фрагментов трех типов с позиции значимых по семантической информативности и достаточно семантически информативных сегментов в зависимости от степени насыщенности видеокадра мелкими деталями и типа ландшафта (искусственный и реалистичный) для разных методов синтаксического представления, выявила следующие результаты:

1) для разработанного метода в режиме 1 вероятность потери целостности видеоинформационных ресурсов по динамики обработки сегментов со значимой семантической информативностью не превышает 5 %, а с достаточно информативной семантической нагрузкой не превышает 3 %. Такой результат обусловлен идентификацией некоторого количества сегментов с достаточной семантической нагрузкой как сегментов со значимым семантическим контекстом. С позиции стандартов дешифрирования аэрофотоснимков в кризисных ситуациях такие результаты являются допустимыми.

2) наоборот, для стандартизированных технологий синтаксического представления видеок кадров вероятности потери целостности соответственно принимают значений от 40 до 60 % и от 35 до 55 %. Теряется более половины всей значимой информации видеок кадра. Такие результаты с позиции стандартов дешифрирования аэрофотоснимков в кризисных ситуациях являются крайне не допустимыми.

3) для разработанного метода в режиме 2 достигаются приемлемые результаты относительно потери целостности аэрофотоснимков, которые находятся на уровнях: для сегментов со значимым семантическим контекстом в среднем не более 9 % и сегментов с достаточно информативной семантической нагрузкой в среднем не более 8 %.

Значит, разработанный метод формирования информативного синтаксического описания видеок кадров с интеллектуальной идентификацией семантической информативности обеспечивает условия для сохранения целостности аэрофотоснимков с различной степенью насыщенности деталями и разным ландшафтом.

5. Создан метод оценки доступности дистанционного информационного ресурса в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуального метода обработки видеок кадров с идентификацией семантической информативности и адаптивного двухалфавитного биадического кодирования контурированных сегментов. Данный метод обеспечивает оценку вероятности потери доступности дистанционного видеоинформационного

ресурса как вероятности наступления наступит события, когда реальное время по доступности к дистанционному ВИР будет превышать критическое время доступности (требуемый уровень). Метод базируется на следующих составляющих:

1) математической модели для оценки временных характеристик доступности к статическому ВИР по радиоканалу с заданной пропускной способностью в зависимости от степени насыщенности контурной информацией и параметров информативного синтаксического описания кадра;

2) установлении величин критического объема (веса) информационного ресурса и критического количества элементов видеоресурса в системе обеспечения его информационной безопасности;

3) математической модели оценки синтаксической плотности для сегмента видеокadra, усредненной по строкам и контурированным последовательностям в зависимости от двухалфавитного базиса биадического пространства и количества опорных элементов незначимой составляющей контурированной последовательности.

6. Проведенная экспериментальная оценка синтаксической плотности сегмента видеоснимка в динамики в зависимости от степени его семантической насыщенности для разработанного и стандартизированных методов в различных режимах учета визуального восприятия видеокadров, показала следующее:

1) для разработанного метода на основе двухконцептуального подхода с интеллектуальной идентификацией семантической нагрузки сегментов кадра достигается эффективное синтаксическое описание ВИР. Значение синтаксической плотности для сегментов со значимым семантическим контекстом, с достаточно информативным семантическим содержанием и незначимой семантической нагрузкой принимает в среднем значения соответственно равные 1,68; 0,92 и 0,7 элемент/бит в режиме 1 и соответственно 3,5; 2,2 и 1,3 элемент/бит в режиме 2;

2) для РМ по сравнению с исходным синтаксическим описанием ВИР синтаксическая плотность для сегментов со значимым семантическим контекстом, с достаточно информативным семантическим содержанием и незначимой семантической нагрузкой увеличивается (абсолютный прирост, коэффициент сжатия) в среднем соответственно в 10; 20 и 40 раз в режиме 1 и соответственно 25; 57 и 89 раз в режиме 2;

3) режим 2 для разработанного метода обеспечивается повышение синтаксической плотности по сравнению с первым режимом в среднем в 2,5 – 3 раза.

4) для РМ по сравнению со стандартизированными технологиями обеспечивается увеличение синтаксической плотности в следующих случаях:

- наибольшее в динамике по сегментам с разной семантической нагрузкой значения синтаксической плотности достигается для РМ в режиме 2. Выигрыш по сравнению с СтМ достигается в среднем в 5 раз для стратегии квантования 1 и в среднем в 1,5 – 2 раза для режима 2;

- выигрыш по всей динамике обработки сегментов для РМ в режиме 1 достигается относительно метода СтМ для первой стратегии квантования, и составляет в среднем 1,5 – 2,5 раз.

7. Экспериментальная оценка доступности к ВИР на основе разработанного метода в режимах 1 (РМ 1) и 2 (РМ 2) и стандартизированных технологий с учетом использования двух стратегий квантования коэффициентов преобразования (СтМ стратегия 1и СтМ стратегия 2) позволила выявить такие результаты:

7.1. Для режима передачи $T_{\text{крит}} = 1$ с по низкоскоростным радиоканалам (до 512 Кбит/с) доступность с вероятностью не ниже 0,9 обеспечивается на основе разработанного метода в режиме 2 для:

- кадра формата HD в независимости от степени насыщенности деталями

- кадра формата Full HD с низкой насыщенностью деталям (количество сегментов со значимым семантическим содержанием на уровне 30 %).

7.2. Для разработанного метода в режиме 1 доступность к ВИР обеспечивается на уровне:

- 80 % для кадра формата HD с низкой насыщенностью деталям (количество сегментов со значимым семантическим содержанием на уровне 30 %)

7.3. Для среднескоростных радиоканалов (2 Мбит/с) для разработанного метода в режиме 2 достигается полная доступность к ВИР в независимости от их степени насыщенности для форматов кадров HD, Full HD и Advanced HD

7.4. Для разработанного метода в режиме 1 полная доступность достигается для кадров форматов HD в независимости от их степени насыщенности, а для кадров Full HD и Advanced HD доступность обеспечивается с вероятностями на уровне от 0,95 до 1 для кадров с низкой степенью насыщенности деталями.

7.5. Разработанный метод в режиме 2 обеспечивает выигрыш по доступности к ВИР относительно стандартизированных технологий с второй стратегией квантования, а именно:

- для низкоскоростных каналов в от 2 до 3 раз;
- для среднескоростных радиоканалов от 15 до 30 %

7.6. Разработанный метод в режиме 1 обеспечивает выигрыш по доступности к ВИР относительно стандартизированных технологий с второй стратегией квантования, а именно:

- для низкоскоростных радиоканалов для кадров с низкой степенью насыщенности в среднем на 30 %.

7.7. Стандартизированные технологии для низкоскоростных каналов не обеспечивают требуемую доступность к ВИР (вероятность обеспечения доступности по сегментам со значимым семантическим контекстом не превышает 30 %).

7.8. Общий выигрыш по безопасности ВИР (целостность и доступность) достигается во всех режимах, для которых обеспечивается выигрыш для разработанного метода по доступности к ВИР.

8.1. Для режима передачи $T_{\text{крит}} = 10$ с по низкоскоростным радиоканалам (до 512 Кбит/с) для разработанного метода в режиме 2 обеспечивается доступность к ВИР:

- с вероятностью не ниже 0,9 для малоформатных и среднеформатных аэрофотоснимков;

- для широкоформатных снимков с низкой степенью насыщенности доступность к ВИР обеспечивается с вероятностью 0,45.

8.2. Для разработанного метода в режиме 1 обеспечивается доступность к ВИР с низкой степенью насыщенности сегментами со значимым семантическим контекстом:

- с вероятностью не ниже 0,9 для малоформатных снимков;

- с вероятностью не выше 0,6 для среднеформатных снимков.

8.3. Выигрыш для разработанного метода относительно стандартизированных технологий по доступности к ВИР обеспечивается для следующих случаев:

- в режиме 2 в 2,5 раза для малоформатных снимков и от 2,5 до 5 раз для среднеформатных снимков;

- для среднеформатного снимка с количеством сегментов в кадре не ниже $12 \cdot 10^3$ стандартизированные технологии не обеспечивают доступность к ВИР (вероятность доступности к ВИР не выше 0,2). В то время как разработанный метод обеспечивает доступность с вероятностью 0,9 в режиме 2.

8.4. Для среднескоростных радиоканалов (на уровне 2 Мбит/с):

- 1) для разработанного метода в режиме 2 обеспечивается полная доступность к ВИР для аэрофотоснимков выбранных форматов в независимости от степени насыщенности их сегментами со значимым семантическим содержанием;

- 2) для разработанного метода в режиме 1 достигается полная доступность к ВИР для малоформатных снимков и для среднеформатных снимков в режиме низкой насыщенности, для широкоформатных снимков с низкой степенью насыщенности достигается доступность с вероятностью 0,55;

8.5. Выигрыш для разработанного метода относительно стандартизированных технологий достигается в следующих случаях:

1) для режима 2:

- среднеформатных снимков с количеством сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ на 20%;

- широкоформатных снимков с количеством сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ в 2,5 раза;

2) для режима 1 для снимков с низкой степенью насыщенности:

- среднеформатных снимков с количеством сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ на 20%

- широкоформатных снимков с количеством сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ на 15 %

8.6. В отличие от стандартизированных технологий для разработанный метод обеспечивает полную доступность:

- в режиме 2 для среднеформатных и широкоформатных снимков со средней степенью насыщенности

- в режиме 1 для среднеформатных с низкой степенью насыщенности деталями

8.7. Общий выигрыш по безопасности ВИР (целостность и доступность) достигается во всех режимах, для которых обеспечивается выигрыш для разработанного метода по доступности к ВИР

Основные научные и практические результаты исследований, рассмотренные в данном разделе опубликованы в следующих трудах [31; 40; 138; 146; 154; 189].

ВЫВОДЫ

В диссертационной работе решена актуальная научно-прикладная проблема состоящая в повышении безопасности дистанционного державного видеоинформационного ресурса аэромониторинга с использованием БПЛА для обеспечения эффективности управления ВСУ кризисных ситуациях военной и мирной специфики. Разработана *концепция* информативного синтаксического описания идентифицированных сегментов видеокadres с учетом степени их семантической информативности с сохранением необходимой контурной информации. Для данной концепции достигается формирование синтаксического описания видеокadra, с учетом того, что закономерности, по которым устраняется избыточность на уровне синтаксического описания, формируются на уровне семантической обработки. Созданы теоретические основы для создания методов повышения безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной обработки видеокadres на уровне информативного синтаксического описания с автоматической идентификацией их семантического содержания (информативности) по контурной информации. Предложенные теоретические основы и методы обеспечивают повышение доступности и целостности дистанционных видеоресурсов в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций.

Особое геополитическое положение Украины, ее военное, экономическое, общественно-политическое состояние, наличие сложных конфликтных ситуаций, наличие стратегических производств определяют совокупность угроз Национальной безопасности и создают условия для появления множества различных кризисных ситуаций (КС) военной и мирной специфики.

Ключевой составляющей предупреждения, локализации и ликвидации КС являются Вооруженные Силы Украины (ВСУ). При этом эффективность применения ВСУ зависит от состояния системы управления войсками, вооружением и военной техникой.

Как показывает практика применения ВСУ в современных кризисных ситуациях с учетом использования новейших интегрированных технологий основными источниками видеoinформации являются системы аэромониторинга (АЭРМ) с использованием беспилотных бортовых комплексов. Значит, видеoinформационные ресурсы, формируемый на бортовых комплексах системы АЭРМ КС мирной и военной специфики, является государственным дистанционным видеoinформационным ресурсом (ГДВИР).

В современных операциях основной характеристикой процесса информационного обеспечения систем управления в КС на основе использования АЭРМ является *время доведения видеoinформационного ресурса*. Базовыми характеристиками процесса информационного обеспечения с использованием АЭРМ являются: показатели качества видеoinформационного ресурса с позиции возможности его дальнейшего анализа и изъятия достоверной информации; полнота видеоресурса; достоверность информации; скрытность и живучесть систем видеомониторинга; квалификация ЛПР. Соответственно нарушение данных характеристик есть суть потери безопасности государственной информации и снижение эффективности информационного обеспечения.

Обеспечение безопасности ДВИР для бортовых комплексов БПЛА решается в составе единого комплекса мероприятий по обеспечению информационной безопасности в системе аэромониторинга кризисных ситуаций. В тоже время особенностью обеспечения безопасности ДВИР является то, что в зависимости от условий полета и режимов формирования видеоданных варьируются уязвимости безопасности информационного ресурса. Вследствие чего происходят изменение не только самих угроз

безопасности видеоданных бортовых комплексов, но и их актуальности и значимости.

Как показал анализ модели информационной безопасности ДВИР в системе аэромониторинга КС, существующие уязвимости при формировании и передаче видеоинформационного ресурса с борта БПЛА создают предпосылки к возникновению угроз безопасности ДВИР, в первую очередь таких категорий безопасности, как доступности и целостности.

Значит, можно утверждать, что существует *актуальная научно-прикладная проблема*, состоящая в необходимости повышения безопасности дистанционного державного видеоинформационного ресурса аэромониторинга с использованием БПЛА для обеспечения эффективности управления ВСУ кризисных ситуациях военной и мирной специфики.

Основными *научными результатами*, полученными в процессе диссертационных исследований являются.

1. Разработаны теоретические основы и метод интеллектуальной обработки видеоинформационных ресурсов для оценки степени информативности семантического содержания видеоснимка, направленной на сохранение контурной информации. Идентификацию осуществляется путем обработки и анализа контурной информации сегментов на основе двумерной структурно-комбинаторной метрики, позволяющей косвенно оценить степень семантической информативности сегмента.

Метод базируется на основе следующих составляющих:

1) маскирование видеокadra, направленное на формирование контурной информации по синтаксическому представлению исходных сегментов;

2) метод определения структурной интегрированной метрики в двумерном пространстве для оценки степени контурной информативности сегмента;

3) метод идентификации сегмента видеокadra по степени семантической информативности;

4) метод повышения чувствительности структурной метрики для сегментов предварительно классифицируемых как значимо информативные путем дополнительного учета процентного содержания контурных элементов в сегменте.

5) систему оценки эффективности метода идентификации сегментов маски видеокadra по степени их семантической информативности, учитывающая условия формирования трех классов информативности и требование обеспечения необходимой целостности видеоинформационных ресурсов.

2. Разработана **концепция** информативного синтаксического описания идентифицированных сегментов видеокadров с учетом степени их семантической информативности с сохранением необходимой контурной информации. Для данной концепции достигается формирование синтаксического описания видеокadra, с учетом того, что закономерности по которым устраняется избыточность на уровне синтаксического описания, формируются на уровне семантической обработки. Здесь достигается соответствие между степенью семантической информативности сегмента и уровнем информативности его синтаксического описания.

Построенная концепция основывается на следующих научных результатах.

2.1. Создана модель формирования неравномерной контурированной видеопоследовательности на основе выявления структурных локально-пространственных характеристик. Модель базируется на выявлении ограниченного локального перепада, как для незначимой составляющей, так и локально-пространственного перепада контурной составляющей. Это позволяет учитывать динамический диапазон яркостных контурных приращений, как между каждой парой ее элементов, так и на границе контура.

2.2. Разработан метод неравномерной сегментации видеокадра на контурированные видеопоследовательности на основе использования знаний о его семантической и структурной информативности.

2.3. Разработан метод описания контурированных видеопоследовательностей двухбазисными биадическими числами на основе структурно-позиционного представления их локально-пространственных характеристик. В этом случае первый базис оснований формируется для локально-пространственных характеристик незначимой составляющей, а второй базис строится на основе локально-контурных ограничений ключевой составляющей контурированной видеопоследовательности.

2.4. Разработан метод аппроксимации контурированных сегментов видеокадра на основе синтеза двухбазисного биадического пространства с учетом независимости генерирования комбинаций по первому позиционному базису с учетом локально-пространственных характеристик незначимой составляющей КВП и второму позиционному базису оснований, строящемуся с учетом наложения спецификаций по локально-контурным ограничениям на элементы ключевой составляющей КВП.

2.5. Разработан метод оценки синтаксической информативности контурированного сегмента на основе представления контурированной видеопоследовательности двухбазисными биадическими числами в зависимости от: длины КВП; длины незначимой составляющей; количества опорных элементов, значения локально-пространственного ограничения для незначимой составляющей, значения локального контурного перепада для контурной составляющей.

3. Разработаны теоретические основы для создания методов повышения безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной обработки видеокадров на уровне информативного синтаксического описания с автоматической идентификацией их семантического содержания

(информативности) по контурной информации. Данные теоретические основы базируются на следующих основных научных результатах.

3.1. Создан метод формирования кодового идентификатора синтаксического представления для контурированных видеопоследовательностей на основе использования информации о локально-пространственных ограничениях. Данный метод обеспечивает построение эффективного синтаксического представления КВП на основе синтеза кодового значения для биадического числа в двухбазисном пространстве, построенным на базе выявленных локально-пространственных характеристик незначимой и ключевой составляющих, автономно от позиционирования в сегменте.

3.2. Разработан метод создания информативного синтаксического представления видеокадра. Данный метод основан на синтезе концептуальных аналитических соотношений обеспечивающих построение:

1) технологии двухбазисного биадического кодирования, для формирования кодового значения информативного синтаксического представления неравномерной контурированной видеопоследовательности с маской по опорным элементам с учетом вектора локальных контурных перепадов для варианта, когда индексация элементов КВП проводится без привязки к текущей позиции в строке, т.е. индексация элементов проводится внутри контурированной видеопоследовательности;

2) технологической реализации режимов кодирования контурированных видеопоследовательностей, когда: индексация элементов ДББЧ проводится с учетом текущей позиции элемента в строке, но без учета позиций опорных элементов незначимой составляющей; индексация элементов организуется: с учетом текущей позиции элемента в строке с учетом позиций опорных элементов в незначимой составляющей КВП;

3) метода кодирования двухбазисных биадических чисел с учетом свертки кодовых составляющих незначимой и контурной составляющих КВП

в единое число на основе функционала, задающего признак идентификации позиций элементов относительно незначимой и контурной составляющих.

3.3. Построен метод формирования двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания на основе стратегии неравномерного кодообразования для кодовых значений контурированных видеопоследовательностей в двоичное пространство. Метод основывается на следующих концептуальных составляющих, а именно системах аналитических соотношений, устанавливающих:

1) соответствие режима двоичного кодообразования в системе генерирования двухбазисных биадических чисел на основе определения и учета наличия верхнего ограничения на значение кода контурированной видеопоследовательности для заданных значений параметров структурных локально-пространственных ограничений ее незначимой и базовой составляющих в двухбазисном биадическом пространстве;

2) правило двоичного кодообразования, базирующееся на соотношении между максимальным количеством разрядов на двоичное кодообразование кодового значения контурированной видеопоследовательности сегмента видеокadra, в условиях отсутствия дополнительных служебных данных, не использующихся для непосредственно вычисления кодового значения КВП.

3.4. Разработан метод верификации концепций обработки ВИР с учетом предварительной их интеллектуальной идентификации по степени семантической информативности и соответствующего по синтаксической плотности кодирования. При этом обеспечивается следующее:

1) совместимость технологических аспектов двух концепций обработки статических ВИР относительно поддержки выполнения условия доступности и целостности на уровне формирования информативных составляющих кодовых конструкций синтаксического описания.

2) совместимость обработки служебных данных для двух концептуальных составляющих системы обработки статических ВИР. Для первой концепции служебными данными являются векторы признаков

наличия контурных элементов на позиции в маске. Данная контурная информация будет использоваться для дальнейшей обработки маски контурной информации для создания информативного синтаксического представления.

3.5. Построена технология интеграции кодовых конструкций концепции формирования информативного синтаксического представления сегментов в систему обработки ВИР, обеспечивающая: заданный уровень семантической целостности и доступности видеоинформационного ресурса; сокращение служебных данных, совместимость синтаксической и семантической плотностей сегментов. Структура кодового представления сжатого видеопотока включает в себя четыре уровня иерархии, а именно уровень контурированных видеопоследовательностей, уровень строк сегментов, уровень отдельных сегментов и уровень видеокадра.

4.1. Разработан метод оценки целостности видеоинформационных ресурсов по семантически значимым сегментам для двухконцептуального метода обработки видеокадров с идентификацией их семантической нагрузки, учитывающий следующие особенности:

1) наиболее существенная потеря целостности видеоинформационного ресурса аэромониторинга кризисных ситуаций будет происходить в случаях, когда: сегменты значимые по информативности и достаточно информативные идентифицируются как незначимые;

2) результаты первой технологической концепции оказывают влияние на результаты второй (процесс семантической обработки и идентификации сегментов оказывает влияние на параметры процесса формирования эффективного синтаксического описания ВИР), а именно: длина незначимой составляющей КВП зависит от качества процесса выделения контурной информации на основе выбора соответствующего метода маскирования; количество опорных элементов для незначимой составляющей КВП зависит от правильности идентифицированного по семантической нагрузке сегмента.

3) для оценки значимости потери целостности содержания сегмента видеокadra используется критический уровень ПОСШ, зависящий от степени его насыщенности контурной информацией.

4.2. Создан метод оценки доступности дистанционного информационного ресурса в условиях аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуального метода обработки видеокadров с идентификацией семантической информативности и адаптивного двухалфавитного биадического кодирования контурированных сегментов. Данный метод обеспечивает оценку вероятности потери доступности дистанционного видеоинформационного ресурса как вероятности наступления наступит события, когда реальное время по доступности к дистанционному ВИР будет превышать критическое время доступности (требуемый уровень). Метод базируется на следующих составляющих:

1) математической модели для оценки временных характеристик доступности к статическому ВИР по радиоканалу с заданной пропускной способностью в зависимости от степени насыщенности контурной информацией и параметров информативного синтаксического описания кадра;

2) установлении величин критического объема (веса) информационного ресурса и критического количества элементов видеоресурса в системе обеспечения его информационной безопасности;

3) математической модели оценки синтаксической плотности для сегмента видеокadra, усредненной по строкам и контурированным последовательностям в зависимости от двухалфавитного базиса биадического пространства и количества опорных элементов незначимой составляющей контурированной последовательности.

Основные *практические результаты* исследований.

1. На основе экспериментальной оценки семантической плотности сегментов для видеокadров с разной семантической информативностью доказана адекватность метода интеллектуальной классификации сегментов

по степени их семантической информативности с позиции насыщенности контурной информацией.

2. Проведенный сравнительный анализ результатов динамической обработки сегментов видеокадров с разной степенью семантической нагрузки и различным ландшафтом, по ПОСШ позволяет заключить следующее:

1) для разработанного метода (РМ) проявляется дифференциация распределения значений ПОСШ и значения визуальной оценки целостности синтаксического и семантического содержания сегментов в зависимости от класса семантической идентификации. Разработанный метод обеспечивает сохранения целостности синтаксического и семантического уровней описания сегментов СА значимой семантической нагрузкой и с достаточно информативной семантической нагрузкой в независимости от типа ландшафта (искусственный и реалистический). Для РМ значение ПОСШ сегментов со значимой семантической информативностью находится на уровне не ниже 60 дБ. Для стандартизированных технологий (СтМ1 и СтМ2), наоборот для сегментов со значимой семантической нагрузкой наблюдается резкое падение значений ПОСШ и величины визуальной оценки целостности информации сегментов, вплоть до ее полного разрушения. При этом значение ПОСШ сегментов со значимой семантической нагрузкой не поднимается выше 20 дБ;

2) наибольшие значения ПОСШ достигаются для разработанного метода. При этом выигрыш для РМ в режиме 1 относительно стандартизированных технологий в стратегии квантования 1 достигается на уровне 7 дБ для сегментов с незначимой семантической нагрузкой и 50 дБ для сегментов со значимой семантической нагрузкой. При этом в режимах 1 и 2 для разработанного метода обеспечивается доступность дистанционного информационного ресурса в реальном времени. Наоборот, для стандартизированных технологий доступ в реальном времени достигается

для второй стратегии квантования. С учетом чего выигрыш для РМ относительно СтМ в среднем дополнительно увеличивается на 10 – 15 дБ;

3) в динамике оценки сегментов для РМ более 90% сегментов попадают под нижний допустимый критический уровень ПОСШ. При этом сегменты со значимой семантической нагрузкой на 100% попадают выше уровня максимальной критической границы ПОСШ. Для СтМ в трубу по нижнему критическому уровню ПОСШ попадают только сегменты с незначимой семантикой контекста, и только в режиме квантования 2. Сегменты со значимой семантикой контекста не попадают даже в нижнюю границу критических значений ПОСШ.

Значит, разработанный метод обработки ВИР с интеллектуальной идентификацией их семантического содержания обеспечивает возможность для сохранения целостности сегментов видеокадров.

3. Проведенная оценка вероятности сохранения целостности для фрагментов трех типов с позиции значимых по семантической информативности и достаточно семантически информативных сегментов в зависимости от степени насыщенности видеокадра мелкими деталями и типа ландшафта (искусственный и реалистичный) для разных методов синтаксического представления, выявила следующие результаты:

1) для разработанного метода в режиме 1 вероятность потери целостности видеоинформационных ресурсов по динамике обработки сегментов со значимой семантической информативностью не превышает 5 %, а с достаточно информативной семантической нагрузкой не превышает 3 %. Такой результат обусловлен идентификацией некоторого количества сегментов с достаточной семантической нагрузкой как сегментов со значимым семантическим контекстом. С позиции стандартов дешифрирования аэрофотоснимков в кризисных ситуациях такие результаты являются допустимыми.

2) наоборот, для стандартизированных технологий синтаксического представления видеокадров вероятности потери целостности соответственно

принимают значений от 40 до 60 % и от 35 до 55 %. Теряется более половины всей значимой информации видеокadra. Такие результаты с позиции стандартов дешифрирования аэрофотоснимков в кризисных ситуациях являются крайне не допустимыми.

3) для разработанного метода в режиме 2 достигаются приемлемые результаты относительно потери целостности аэрофотоснимков, которые находятся на уровнях: для сегментов со значимым семантическим контекстом в среднем не более 9 % и сегментов с достаточно информативной семантической нагрузкой в среднем не более 8 %.

Значит, разработанный метод формирования информативного синтаксического описания видеокadров с интеллектуальной идентификацией семантической информативности обеспечивает условия для сохранения целостности аэрофотоснимков с различной степенью насыщенности деталями и разным ландшафтом.

4. Проведенная экспериментальная оценка синтаксической плотности сегмента видеоснимка в динамике в зависимости от степени его семантической насыщенности для разработанного и стандартизированных методов в различных режимах учета визуального восприятия видеокadров, показала следующее:

1) для разработанного метода на основе двухконцептуального подхода с интеллектуальной идентификацией семантической нагрузки сегментов кадра достигается эффективное синтаксическое описание ВИР. Значение синтаксической плотности для сегментов со значимым семантическим контекстом, с достаточно информативным семантическим содержанием и незначимой семантической нагрузкой принимает в среднем значения соответственно равные 1,68; 0,92 и 0,7 элемент/бит в режиме 1 и соответственно 3,5; 2,2 и 1,3 элемент/бит в режиме 2;

2) для РМ по сравнению с исходным синтаксическим описанием ВИР синтаксическая плотность для сегментов со значимым семантическим контекстом, с достаточно информативным семантическим содержанием и

незначимой семантической нагрузкой увеличивается (абсолютный прирост, коэффициент сжатия) в среднем соответственно в 10; 20 и 40 раз в режиме 1 и соответственно 25; 57 и 89 раз в режиме 2;

3) режим 2 для разработанного метода обеспечивается повышение синтаксической плотности по сравнению с первым режимом в среднем в 2,5 – 3 раза.

4) для РМ по сравнению со стандартизированными технологиями обеспечивается увеличение синтаксической плотности в следующих случаях:

- наибольшее в динамике по сегментам с разной семантической нагрузкой значения синтаксической плотности достигается для РМ в режиме 2. Выигрыш по сравнению с СтМ достигается в среднем в 5 раз для стратегии квантования 1 и в среднем в 1,5 – 2 раза для режима 2;

- выигрыш по всей динамике обработки сегментов для РМ в режиме 1 достигается относительно метода СтМ для первой стратегии квантования, и составляет в среднем 1,5 – 2,5 раз.

5. Экспериментальная оценка доступности к ВИР на основе разработанного метода в режимах 1 (РМ 1) и 2 (РМ 2) и стандартизированных технологий с учетом использования двух стратегий квантования коэффициентов преобразования (СтМ стратегия 1 и СтМ стратегия 2) позволила выявить такие результаты:

5.1. Для режима передачи $T_{\text{крит}} = 1$ с по низкоскоростным радиоканалам (до 512 Кбит/с) доступность с вероятностью не ниже 0,9 обеспечивается на основе разработанного метода в режиме 2 для:

- кадра формата HD в независимости от степени насыщенности деталями

- кадра формата Full HD с низкой насыщенностью деталям (количество сегментов со значимым семантическим содержанием на уровне 30 %).

5.2. Для разработанного метода в режиме 1 доступность к ВИР обеспечивается на уровне:

- 80 % для кадра формата HD с низкой насыщенностью деталям (количество сегментов со значимым семантическим содержанием на уровне 30 %)

5.3. Для среднескоростных радиоканалов (2 Мбит/с) для разработанного метода в режиме 2 достигается полная доступность к ВИР в независимости от их степени насыщенности для форматов кадров HD, Full HD и Advanced HD

5.4. Для разработанного метода в режиме 1 полная доступность достигается для кадров форматов HD в независимости от их степени насыщенности, а для кадров Full HD и Advanced HD доступность обеспечивается с вероятностями на уровне от 0,95 до 1 для кадров с низкой степенью насыщенности деталями.

5.5. Разработанный метод в режиме 2 обеспечивает выигрыш по доступности к ВИР относительно стандартизированных технологий с второй стратегией квантования, а именно: для низкоскоростных каналов в от 2 до 3 раз; для среднескоростных радиоканалов от 15 до 30 %

5.6. Разработанный метод в режиме 1 обеспечивает выигрыш по доступности к ВИР относительно стандартизированных технологий с второй стратегией квантования, а именно: для низкоскоростных радиоканалов для кадров с низкой степенью насыщенности в среднем на 30 %.

5.7. Стандартизированные технологии для низкоскоростных каналов не обеспечивают требуемую доступность к ВИР (вероятность обеспечения доступности по сегментам со значимым семантическим контекстом не превышает 30 %).

5.8. Общий выигрыш по безопасности ВИР (целостность и доступность) достигается во всех режимах, для которых обеспечивается выигрыш для разработанного метода по доступности к ВИР.

6.1. Для режима передачи $T_{\text{крит}} = 10$ с по низкоскоростным радиоканалам (до 512 Кбит/с) для разработанного метода в режиме 2 обеспечивается доступность к ВИР: с вероятностью не ниже 0,9 для

малоформатных и среднеформатных аэрофотоснимков; для широкоформатных снимков с низкой степенью насыщенности доступность к ВИР обеспечивается с вероятностью 0,45.

6.2. Для разработанного метода в режиме 1 обеспечивается доступность к ВИР с низкой степенью насыщенности сегментами со значимым семантическим контекстом: с вероятностью не ниже 0,9 для малоформатных снимков; с вероятностью не выше 0,6 для среднеформатных снимков.

6.3. Выигрыш для разработанного метода относительно стандартизированных технологий по доступности к ВИР обеспечивается для следующих случаев: в режиме 2 в 2,5 раза для малоформатных снимков и от 2,5 до 5 раз для среднеформатных снимков; для среднеформатного снимка с количеством сегментов в кадре не ниже $12 \cdot 10^3$ стандартизированные технологии не обеспечивают доступность к ВИР (вероятность доступности к ВИР не выше 0,2). В то время как разработанный метод обеспечивает доступность с вероятностью 0,9 в режиме 2.

6.4. Для среднескоростных радиоканалов (на уровне 2 Мбит/с):

1) для разработанного метода в режиме 2 обеспечивается полная доступность к ВИР для аэрофотоснимков выбранных форматов в независимости от степени насыщенности их сегментами со значимым семантическим содержанием;

2) для разработанного метода в режиме 1 достигается полная доступность к ВИР для малоформатных снимков и для среднеформатных снимков в режиме низкой насыщенности, для широкоформатных снимков с низкой степенью насыщенности достигается доступность с вероятностью 0,55.

6.5. Выигрыш для разработанного метода относительно стандартизированных технологий достигается в следующих случаях:

1) для режима 2: среднеформатных снимков с количеством сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ на 20%; широкоформатных снимков с количеством сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ в 2,5 раза;

2) для режима 1 для снимков с низкой степенью насыщенности: среднеформатных снимков с количеством сегментов в кадре $24 \cdot 10^3$ на 20%; широкоформатных снимков с количеством сегментов в кадре $48 \cdot 10^3$ на 15 %.

6.6. В отличие от стандартизированных технологий для разработанный метод обеспечивает полную доступность: в режиме 2 для среднеформатных и широкоформатных снимков со средней степенью насыщенности; в режиме 1 для среднеформатных с низкой степенью насыщенности деталями.

6.7. Общий выигрыш по безопасности ВИР (целостность и доступность) достигается во всех режимах, для которых обеспечивается выигрыш для разработанного метода по доступности к ВИР.

Полученные научные результаты являются вкладом в развитие теории информационной безопасности относительно обеспечения доступности и целостности информационного ресурса.

Научные и практические результаты диссертации использовались:

1) при выполнении опытно-конструкторских работ на: научно-техническом специальном конструкторском бюро «ПОЛІСВІТ» ГНПП «Об'єднання Комунар» (акт реализации от 23.03.2015 г.); ГП «Чугуївський авіаційний ремонтний завод» (акт реализации от 05.01.2015 г.); ГП ЦКБ «Протон» (акт реализации от 17.02.2015 г.); ЧАО «Вовчанський агрегатний завод» (акт реализации от 13.04.2015 г.); Харьковском государственном производственном авиационном предприятии «ХГАПП» (акт реализации от 16.03.2015 г.);

2) при выполнении госбюджетной НИР «Розробка комплексної моделі захисту інформації в автоматизованих системах управління спеціального призначення на пунктах управління Повітряних Сил Збройних Сил України» шифр «ПАЛІТРА» № госрегистрации 0101U001748 (акт реализации от 23.06.2015 г., в/ч 0306);

3) в учебном процессе Харьковского университета Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба (акт реализации от 13.08.2015 г.).

Обоснованность и достоверность полученных научных результатов базируются на: всестороннем анализе существующих теоретических подходов и методов обработки видеоинформационных ресурсов, выявлении проблемных недостатков, оценке значимости угроз безопасности видеоинформационного ресурса, а именно его доступности и целостности; корректном использовании известного и апробированного аппарата выявления и локализации контурной информации, методов синтаксической обработки и двоичного кодообразования.

Достоверность результатов относительно характеристик безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса подтверждается: адекватностью результатов оценки степени семантической информативности, синтаксической плотности представления сегментов, показателей доступности и целостности, полученных на основе аналитических выражений и моделирования, с результатами оценок, полученных экспериментальным путем за счет обработки реальных аэрофотоснимков с различной процентной концентрацией сегментов, имеющих разную степень семантической информативности; теоретическими расчетами по взаимной однозначности процессов эффективного синтаксического представления сегментов и реконструкции видеокадров; на основе визуальной оценки целостности сегментов со значимой семантической информативностью для реконструируемых видеоинформационных ресурсов.

Результаты диссертационной работы целесообразно использовать:

- при обеспечении безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса с использованием бортовых комплексов аэромониторинга, по категориям доступности и целостности в ведомственных системах управления для решения задач в кризисных ситуациях, так и для условий повседневной деятельности;

- при проведении конструкторских и научно–исследовательских работ по созданию новых технических и программных средств по обеспечению информационной безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса;

- при изучении учебных дисциплин по информационной безопасности, теории информационных войн, цифровой обработки видеоизображений и кодирования для подготовки специалистов в ВУЗах Украины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абламейко С.В. Обработка изображений: технология, методы, применение / С.В. Абламейко, Д.М. Лагуновский - Минск: Амалфея, 2000. – 303 с.
2. Алфёров А. П. Основы криптографии: учебное пособие / А.П. Алфёров, А.Ю. Зубов, А.С. Кузьмин, А.В. Черемушкин. – М.: Гелиос АРВ, 2002. – 480 с.
3. Андреев А. Применение видеоконференцсвязи в Вооружённых силах иностранных государств / А.Андреев, В.Аржанов, К.Семёнов // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – № 7. – С.19 – 25.
4. Андреев А. Применение видеоконференцсвязи в Вооружённых силах иностранных государств / А.Андреев, В.Аржанов, К.Семёнов // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – № 8. – С.16 – 22.
5. Анин Б. Защита компьютерной информации / Б.Анин. - СПб.: БХВ-Петербург, 2000. - 384 с.
6. Аудиовизуальные системы связи и вещания: новые технологии третьего тысячелетия, задачи и проблемы внедрения в Украине / [О.В. Гофайзен, А.И. Ляхов, Н.К. Михалов и др.] // Праці УНДІРТ. – 2000. – №3. – С. 3 – 40.
7. Ахмед Н. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов / Н. Ахмед, К.Р. Рао; пер. с англ. под ред. И.Б. Фоменко. – М.: Связь, 1980. – 248 с.
8. Баранник В.В. Метод повышения информационной безопасности в системах видеомониторинга кризисных ситуаций / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, О.С. Кулица // Монографія. – Черкасси, 2015. – 143 с.
9. Баранник В.В. Методи та засоби формування й обробки видових зображень у системі Повітряної розвідки // підручник для вищих навчальних закладів // В.В. Баранник, Ю.В. Стасев, С.О. Сідченко. – Х.: ХУПС, 2012. –

452 с.

10. Баранник В.В. Структурно-комбинаторное представление данных в автоматизированных система управления / В.В. Баранник, Ю.В. Стасев, Н.А. Королева - Х.: ХУПС, 2009. – 252 с.

11. Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков - Х.: ХУПС, 2010. – 234 с.

12. Баранник В.В. Кодирование трехмерных моделей видеок кадров в инфотелекоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков, А.В. Слободянюк // Каменец-Подольский-Харьков: Вид-во Каліграф, 2011. – 210 с.

13. Баранник В.В. Метод повышения доступности видеоинформации аеромониторинга / В.В. Баранник, О.С. Кулица // Радиоелектронные компьютерные системы. – 2013. - №3. – С. 17 – 20.

14. Баранник В.В. Методология двухкаскадного маскирования изображений в системах инфотелекоммуникаций / А.В. Власов, В.В. Баранник, А.В.Ширяев // АСУ и приборы автоматики. – 2013. – Вип. 162. – С. 50 – 55.

15. Баранник В.В. Анализ особенностей применения видеоконференцсвязи в интересах профильных органов государственного управления / В.В.Баранник, А.В. Власов // Сучасна спеціальна техніка. – 2014. – Вип. 1. – С. 22 – 32.

16. Баранник В.В. Модель загроз безпеки відеоінформаційного ресурсу систем відеоконференцзв'язку / В.В. Баранник, А.В. Власов // Наукоємні технології. – 2014. - № 3 (19). – С. 299 – 304.

17. Баранник В.В. Обоснование значимых (актуальных) угроз безопасности видеоинформационного ресурса систем видеоконференцсвязи профильных систем управления / В.В. Баранник, А.В. Власов // Информационно – управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2014. - № 3. – С. 23 – 27.

18. Баранник В.В. Метод компрессии видеопотока на основе полиадического кодирования предсказываемых кадров / В.В. Баранник, Н.А. Харченко // АСУ и приборы автоматики. – 2013. – Вып. 163. – С. 47 – 52.

19. Баранник В.В. Метод реконструкции изображений в неравномерном базисе спектральных коэффициентов / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, А.А. Красноруцкий // Радиоэлектроника и информатика. – - 2013. - № 3. - С. 46 - 51.

20. Баранник В.В. Технология неравновесного позиционного кодирования для функционального преобразования чисел со встроенной информации / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, А.Э. Бекиров // Радиоэлектронные и компьютерные системы. - 2014. - № 4. - С. 32 - 39.

21. Баранник В.В. Методология селективной защиты видеопотока по базовым кадрам / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, Д.И. Комолов // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 2014.- № 6. - С. 69 - 57.

22. Баранник В.В. Метод оцінки інтенсивності відеопотоку у розрахунок на базовий кадр / В.В. Баранник, Ю.М. Рябуха, Отман Шаді О.Ю. // Системи озброєння та військова техніка.– 2015. - № 1. – С. 88 – 91.

23. Баранник В.В. Селективный метод шифрования видеопотока в телекоммуникационных системах на основе приховування базового I-кадру / В.В. Баранник, Д.І. Комолов, Ю.М. Рябуха // Наукоємні технології. – 2015. – № 2. - С. 69 - 77.

24. Баранник В.В. Эффективное синтаксическое представление последовательности кадров на основе межплоскостного трехмерного дифференциального кодирования / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха // Открытые компьютерные информационные интегрированные технологии. – 2015.- №67. – С. 165 – 172.

25. Баранник В.В. Метод интеллектуальной обработки государственных видеoinформационных ресурсов для повышения их семантической целостности в системах мониторинга кризисных ситуаций /

- В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха // *Захист інформації*. – 2015. – №2. – С. 125 - 134.
26. Баранник В.В. Модель информативного синтаксического представления контурированной видеопоследовательности в системе интеллектуальной обработки видеокадров / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха // *Радиоэлектронные компьютерные системы*. – 2015. - № 2. – С. 116 – 120.
27. Баранник В.В. Метода создания информативного синтаксического представления статических видеоинформационных ресурсов на основе двухбазисного биадического кодирования / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2015. - № 2(34). – С. 54 – 59.
28. Баранник В.В. Метод селекции кадрового потока в системах критического аэромониторинга для повышения безопасности государственного информационного ресурса / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, С.С. Бульба // *Авиационно-космическая техника и технологии*. – 2015. - № 3. – С. 111 – 118.
29. Баранник В.В. Концептуальный метод повышения безопасности дистанционного видеоинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной обработки видеокадров / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха // *Радиоэлектронные компьютерные системы*. - 2015. - № 3. – С. 82 – 89.
30. Баранник В.В. Метода формирования двоичных кодовых конструкций для эффективного синтаксического описания видеоинформационных ресурсов / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, А.А. Красноруцкий // *Открытые компьютерные информационные интегрированные технологии*. – 2015. - №68. – С. 156 – 1610.
31. Баранник В.В. Метод оценки целостности видеоинформационных ресурсов для двухконцептуального метода обработки видеокадров с идентификацией их семантической нагрузки / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, // *Авиационно-космическая техника и технологии*. – 2015. - № 5. – С. 104 – 109.

32. Баранник В.В. Метод оценки информативности двухбазисного биадического представления контурированной видеопоследовательности / В.В. Баранник, Ю.М. Рябуха // Системи обробки інформації. – 2015. - № 7. – С. 148 – 153.

33. Баранник В.В. Оценка скорости формирования структурных чисел / В.В. Баранник, А.В. Хаханова, В.В. Ларин // Сучасна спеціальна техніка. – К. – 2009 – Вип. 3(18). – С. 106 – 110.

34. Баранник В.В. Маскировочное кодирование видеопоследовательностей переменной длины в условиях информационного противоборства / В.В. Баранник, С.А. Сидченко // Сучасна спеціальна техніка. 2012. - №1(28). – С. 28 – 33.

35. Баранник В.В. Анализ методов обнаружения границ объектов на изображениях и их классификация / В.В. Баранник, А.В. Власов, А.В. Яковенко // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – вип. 3 (30). – С. 17 – 27.

36. Баранник В.В. Технология повышения безопасности динамического видеоинформационного ресурса / В.В. Баранник, Р.И. Акимов, Ю.Н. Рябуха, Р.В. Тарнополов // XXII Міжнародна науково-практична конференція ["Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я"], (Харків, 21 - 23 травня 2014 р.) / Національний технічний університет «ХПІ», Харків, 2014. – С. 50-51.

37. Баранник В.В. Технология реверсного кодирования трехмерных структур видеоданных / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха // Науково-методична конференція ["Сучасні проблеми телекомунікації і підготовка фахівців в галузі телекомунікацій - 2014"] / Національний університет "Львівська політехніка", - 1-4 листопада 2014р. - С. - 115-116.

38. Баранник В.В. Метод повышения безопасности видеоинформационного ресурса / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, А.Е. Бекиров // Третя міжнародна науково-технічна конференція ["Проблеми інформатизації"], (Київ, 11 - 13 грудня 2014 г.) / Державний університет телекомунікацій, Київ, 2014. – С. 49.

39. Баранник В.В. Анализ действий кибератак на видеоинформационный ресурс в информационно-телекоммуникационных сетях / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, С.А. Подлесный, А.Э. Бекиров // Научно-техническая конференция ["Информационная безопасность Украины"] / Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка, 12-13 березня 2015 р. - С. 34.

40. Баранник В.В. Метод підвищення безпеки динамічних відеоінформаційних ресурсів для систем аеромоніторингу кризових ситуацій / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха // IV Міжнародна науково-технічна конференція ["Захист інформації і безпека інформаційних систем"], (Львів, 4 - 5 червня 2015 р.) / Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2015. – С. 49.

41. Баранник В.В. Методика оценки действия кибератак на видеоинформационный ресурс в телекоммуникационных системах / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, С. Подлесный // 28-я международная научно-практическая конференция ["Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте"], (Харьков 24 - 25 сентября 2015 р.) / Украинский университет железнодорожного транспорта, Харьков, 2015. – С. 31 – 33.

42. Багатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології: Підручник для студентів вищих навч. закладів / За редакцією Поповського В.В. - Харків: «Компанія СМІТ»; 2003. – 512 с.

43. Біла книга - 2013. Збройні Сили України. - К. : Військо України, 2014. – 76 с.

44. Білинський Й.Й. Методи обробки зображень в комп'ютеризованих оптико-електронних системах. Вінниця: ВНТУ, 2010. - 272 с.

45. Білинський Й.Й. Класифікація методів крайового детектування зображень / Й.Й. Білинський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2007. - № 1. - С. 161-169.

46. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории / К. Блаттер. – М.:

Техно сфера, 2006. – 279 с.

47. Богуш В.М. Інформаційна безпека держави /В.М. Богуш, О.К. Юдин. – К.: МК–Прес, 2005. – 432 с.

48. Бондарев В.Н. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. / В.Н. Бондарев, Г. Трестер, В.С. Чернега // Учебное пособие для вузов. 2-е изд. – Х.: Конус, 2001. – 398с.

49. Бурячок В.Л. Стратегія оцінювання рівня захищеності держави від ризику стороннього кібернетичного впливу / В.Л. Бурячок, О.Г. Корченко, В.О. Хорошко // Захист інформації. – 2013. - том 15. - №1. - С. 5 – 14.

50. Бурячок В.Л. Завдання, форми та способи ведення воєн у кібернетичному просторі / В.Л. Бурячок, Г.М. Гулак, В.О. Хорошко // Наука і оборона. - 2011. - № 3. - С. 35 - 42.

51. Бурячок В.Л. Основи формування державної системи кібернетичної безпеки: Монографія. – К.:НАУ, 2013. – 432 с.

52. Бурячок В.Л. Інформаційний та кіберпростори: проблеми безпеки, методи та засоби боротьби. [Підручник] // К.: ДУТ, 2015.

53. Бурячок В.Л. Метод визначення найбільш значимих загроз із «генеральної сукупності загроз інформаційним ресурсам на підставі їх якісних і кількісних показників» // Науково-технічний журнал «Сучасний захист інформації» Державного університету телекомунікацій. - № 3 – 2015. - С. 18 – 70.

54. Бурячок В.Л. Метод побудови класифікатора кібератак на державні інформаційні ресурси // Международный научный журнал «Технологический аудит и резервы производства».- №1/2(21). - 2015.- С. 38 – 43.

55. Быков Р.Е. Цифровое преобразование изображений / Р.Е. Быков. – М.: Горячая линия - Телеком. – 2003. – 228 с.

56. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / [Т.С. Хуанг, Дж.О. Эклунд, Г.Дж. Нуссбаумер и др.]; под ред. Т.С. Хуанга; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1984. – 224 с.

57. Василиу Е.В. Схема криптографической защиты системы

электронного голосования с использованием протоколов квантовой криптографии / Е.В. Василиу // Міжнародний науково-технічний журнал "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах". – 2015. – № 1. – С. 232–236.

58. Василиу Е.В. Классификация квантовых технологий разделения секрета / Е. Василиу, И. Лимарь // Науково-практичний журнал "Захист інформації". – 2014. – Т. 16, № 3. – С. 201–214.

59. Васильев В.Н. Компьютерная обработка сигналов / В.Н. Васильев, И.П. Гуров. - СПб: БХВ Санкт-Петербург, 1998. – 240 с.

60. Ватолин Д. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2003. – 384с.

61. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1988. – 480 с.

62. Введение в контурный анализ: приложения к обработке изображений и сигналов / [Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев и др.]; под ред. Я.А. Фурмана. – [2-е изд.]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.

63. Власов А.В. Метод кодирования видеоизображений с маскированием для повышения безопасности видеoinформационных ресурсов. / А.В. Власов, А.В. Ширяев // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2013. – № 3. – С. 65 – 73.

64. Власов А.В. Кодирование информационных ресурсов систем видеоконференцсвязи для повышения их безопасности. / А.В. Власов, В.В. Лукин // Радиоэлектроника и информатика. – 2013. – № 2. – С. 65 – 73.

65. Воробьев В.И. Теория и практика вейвлет – преобразования / В.И. Воробьев, В.Г. Грибунин. – СПб.: ВУС, 1999. – 203 с.

66. Виноградов Б.А. Аэрокосмический мониторинг экосистем. – М.: Наука, 1984. – 319 с.

67. Даник Ю.Г. Моніторинг об'єктів в умовах ап'іорної невизначеності джерел інформації: монографія [Текст] / Ю.Я. Бобало,

Ю.Г. Даник, Л.О. Комарова, О.О. Лук'янов, В.М. Максимович, О.О. Писарчук, В.В. Ріппенбейн, Р.Т. Смук, В.С. Стогній, Ю.Б. Сторонський, Б.М. Стрихалюк // Львів: 2015. Видавництво Української академії друкарства - 360 с.

68. Даник Ю.Г. Формування методологічних основ створення оперативно-тактичних та тактичних безпілотних авіаційних комплексів Сухопутних Військ [Текст] / Ю.Г. Даник, Л.О. Комарова, М.Ю. Яковлев, І.В. Метала // Збірник наукових праць Житомирського військового інституту імені С.П. Корольова Національного авіаційного університету. - Житомир, 2013. - №6. - 13 - 20.

69. Галицкий А.В. Защита информации в сети – анализ технологий и синтез решений/ А.В. Галицкий. – М.: ДМК Пресс, 2005. –616 с.

70. Грибков И.В. Некоторые вопросы количественной оценки производительности детекторов границ / Грибков И.В., Захаров А.В., Кольцов П.П. и др. // "Программные продукты и системы" №4, 2011, с. 13 – 19.

71. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1073 с.

72. Горбулін В.П. Актуальні проблеми системного забезпечення інформаційної безпеки України / В.П. Горбулін, М.М. Биченок, П.М. Копка // Матер.міжнар. наук.-практ. конф. “Форми та методи забезпечення інформаційної безпеки держави”. – К.: Національна академія СБ України, 2008.– С. 79 – 85.

73. Гургенидзе А.Т. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа / А.Т. Гургенидзе, В.И. Корше. – СПб., 2003. – 434 с.

74. Задірака В.К. Комп'ютерні технології криптографічного захисту інформації на спеціальних цифрових носіях / В.К. Задірака, А.М. Кудін, В.О. Людвиченко, О.С. Олексюк. Навчальний посібник. Київ-Тернопіль: Підручники і посібники, 2007. – 272 с.

75. Засядько А.А. и др. К анализу эффективности алгоритмов и

программ быстрых ортогональных дискретных преобразований // Электрон. моделирование. – 1998. – №6. – С. 109 – 111.

76. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях / Л.А. Залманзон. – М.: Наука, 1989. – 496 с.

77. Золотарев В.В. Реальный энергетический выигрыш кодирования для спутниковых каналов / В.В. Золотарев // Спутниковая связь – ICSC-2000: IV междунар. конф.: труды конф. – М.: МЦНТИ, 2000. – Т. 2. – С. 20 – 25.

78. Иванов В.Г. Формальное описание дискретных преобразований Хаара // Проблемы управления и информатики. – 2003. – №5. – С. 68 – 75.

79. Ивановский А.А. Справочник по дешифрированию сложных военных объектов / А.А. Ивановский, В.Л. Моисеев, Ю.К. Ребрин – Киев: КВВАИУ, 1989. – 170 с.

80. Ілляшов О.А. До питання захисту інформаційно-телекомунікаційної сфери від стороннього кібернетичного впливу / О.А. Ілляшов, В.Л. Бурячок // Наука и оборона. – 2010. – №4. – С.35 – 41.

81. Карпович И.Н. Военное дешифрирование аэроснимков. Москва: Воениздат, 1990г. – 544с.

82. Кашкин В.Б. Цифровая обработка аэрокосмических изображений: Конспект лекций. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 121 с.

83. Климаш М.М. Динамічний моніторинг параметрів навколишнього середовища в реальному масштабі часу: монографія / Ю.Я. Бобало, Ю.Г. Даник, М.М. Климаш, Л.О. Комарова // Національний університет «Львівська політехніка» - 2013. – 186 с.

84. Климов А.С. Форматы графических файлов. – С. – Пб.: ДиаСофт, 1995. – 385 с.

85. Коган Б.М. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики / Б.М. Коган, В.Б. Сташин. – М.: Энергия, 1989. – 376 с.

86. Комарова Л.О. Методи управління інформаційно-

комунікаційними кластерами в кризових ситуаціях: монографія [Текст] / Л.О.Комарова // К.:ДУТ, 2014. – 395 с.

87. Комплексна програма розвитку і реформування Збройних Сил України на період до 2017 року. / Затверджена указом Президента України від 02.09.2013 №479/2013.

88. Конахович Г.Ф. Защита информации в телекоммуникационных системах / Г.Ф. Конахович, В.П. Климчик, С.М. Паук, В.Г. Потапов. – К.: МК – Пресс, 2005. – 288 с.

89. Концепція національної безпеки України: Постанова Верховної Ради України від 16 січня 1997 № 3/97-ВР// ВВР. – 1997. – №10. – С.85.

90. Концепция реформирования и развития Вооруженных Сил Украины на период до 2017 года / Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 29 грудня 2012 року.

91. Корченко А.Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практические решения. – К.: Додэка, 2006. – 320 с.

92. Корнеев В.В. Современные микропроцессоры / В.В. Корнеев, А.В. Киселев. – СПб.: БВХ-Петербург, 2003. – 448 с.

93. Королев А.В. Метод восстановления трансформант дискретного косинусного преобразования / А.В. Королев, В.В. Баранник // Системи обробки інформації. - Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 3 (9). – С. 83 – 86.

94. Королев А.В. Метод комплексной обработки изображений / А.В. Королев, В.В. Баранник // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1999. – №5. – С. 10 – 17.

95. Королев А.В. Метод сокращения избыточности изображений / А.В. Королев, В.В. Баранник // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №2. – С. 85 – 88.

96. Королев А.В. Версификационная избыточность изображений // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2002. – № 2. – С.

26 – 30.

97. Королев А.В. Оценка степени сжатия изображения / А.В. Королев, В.В. Баранник // Электрон. моделирование. – 2002. – № 4. – С. 33 – 42.

98. Королев А.В. Метод верификационного восстановления информации на основе ДКП // Вестник НТУ “ХПИ”. – 2002. – Вып.18. – С.73 – 77.

99. Королев А.В. Теоретические основы компактного представления изображений на основе исключения версификационной избыточности: Дис...докт. техн. наук: 05.12.02. – Х., 2003. – 363 с.

100. Кравченко В.Ф. "Wavelet" – системы и их применение в обработке сигналов / В.Ф. Кравченко, В.А. Рвачев // Зарубежная радиоэлектроника. – №4. – 1996. – С. 3 – 20.

101. Красильников Н.Н. Цифровая обработка изображений. – М.: Вузовская книга, 2011. – 320 с.

102. Красильников Н.Н. Теория передачи и восприятия изображений. Теория передачи изображений и ее приложения / Н.Н. Красильников. – М.: Радио и связь, 1986. – 248 с.

103. Красноруцкий А.А. Метод арифметического классификационного кодирования трансформант Уолша / А.А. Красноруцкий, С.Я. Яценко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 31. – С. 138 – 141.

104. Крук Б.И. Телекоммуникационные системы и сети. Том 1, 2, 3 / Б.И. Крук, В.Н. Попантонопуло, В.П. Шувалов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 647 с.

105. Кулица О.С. Обоснование требований относительно целостности видеоинформации воздушного мониторинга чрезвычайных ситуаций / О.С. Кулица, М.В. Думанский // Сучасна спеціальна техніка. – №4. – 2012. – С. 88 – 91.

106. Кулица О.С. Методология устранения избыточности в

технологиях компрессии с контролируемой потерей качества / О.С. Кулица // АСУ и приборы автоматики. – №162. – 2013. – С. 50 – 58.

107. Кутовой О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів / О.П. Кутовой // Наука і оборона. – 2000. – № 4. – С. 39 – 47.

108. Лабутина И. А. Дешифрование аэрокосмических снимков: учебн. пособие / И. А. Лабутина. – М.: Аспект-Пресс, 2004. – 184 с.

109. Лидовский В.В. Теория информации / В.В. Лидовский. – М.: Компания Спутник+, 2004. – 111 с.

110. Мала С. Вейвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671 с.

111. Марущак А.І. Щодо поняття "інформаційні ресурси держави" / А.І. Марущак // Інформаційна безпека людини, суспільства, держави. - 2009. - №1 (1). - С. 11-15.

112. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / В.В. Поповський, С.О. Сабурова, В.Ф. Олійник, Ю.І. Лосев, Д.В. Агеев та ін.: За загал. ред. В.В. Поповського. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 564 с.

113. Миано Дж. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии: учебное пособие / Дж. Миано; пер. с англ. – М.: Триумф, 2003. – 336 с.

114. Миронець І.В. Методологія підвищення оперативності доступу до конфіденційних інформаційних ресурсів / І.В. Миронець, В.М. Рудницький, В.Г. Бабенко // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Харків: ХУПС. – 2010. – Вип. 5(86).– С. 15-19.

115. Международный стандарт ISO/IEC 15408-1-99 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель».

116. Мосов С. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние,

перспективы развития [Текст]: монография / С. Мосов. – К.: Изд. дом. «Румб», 2008. – 160 с.

117. MATLAB 6.0. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows. - М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1997. – 712 с.

118. Нетравали А.М. Кодирование изображений / А.М. Нетравали, Дж.О. Лимб // ТИИЭР. – 1980. – №3. – С. 76 – 124.

119. Обработка изображений и цифровая фильтрация / [под ред. Т.С. Хуанга]. – М.: Мир, 1979. – 318 с.

120. Оксіюк О.Г. Модель оптимізації семантичної мережі // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2015. - № 1(33). – С. 143 – 145.

121. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.

122. Осипов Л.А. Обработка сигналов на цифровых процессорах / Л.А. Осипов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 112 с.

123. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработка изображений, М.: Радио и связь. – 1986. – 400 с.

124. Патент на корисну модель № 91198, Україна, МПК G06F 15/00, G06F 17/00 Пристрій для динамічного кодування та захисту інформаційного ресурсу в інфокомунікаційних системах / Третяк В.Ф., Бараннік В.В., Власов А.В., Бойко Ю.П. та ін. - № u201400644; заяв. 23.01.2014; опубл. 25.06.2014; Бюл. № 12. - 6 с.

125. Патент на корисну модель № 91075, Україна, МПК G06F 15/00, G06F 17/00 Пристрій для розподілу та кодування інформаційного ресурсу в мультисервісних мережах / Третяк В.Ф., Бараннік В.В., Рябуха Ю.М., Власов А.В. та ін. - № u201313900; заяв. 29.11.2013; опубл. 25.06.2014; Бюл. № 12. - 6 с.

126. Патент на корисну модель № 92927, Україна, МПК G06F 15/00, G06F 17/00 Спосіб рішення задачі цілочисельного лінійного програмування з

мулевими змінними на основі рангового підходу та принципу оптимізації за напрямком / Третяк В.Ф., Бараннік В.В., Власов А.В., Рябуха Ю.М. та ін. - № u201403950; заяв. 14.04.2014; опубл. 10.09.2014; Бюл. № 17. - 4 с.

127. Патент на корисну модель № 92960, Україна, МПК G06F 15/00, G06F 17/00 Спосіб розподілу та кодування інформаційного ресурсу в мультисервісних мережах / Третяк В.Ф., Бараннік В.В., Власов А.В., Рябуха Ю.М. та ін. - № u201403950; заяв. 14.04.2014; опубл. 10.09.2014; Бюл. № 17. - 5 с.

128. Патент на корисну модель № 92968, Україна, МПК G06F 15/00, G06F 17/00 Спосіб обробки та захисту інформації в розподілених сховищах даних / Третяк В.Ф., Бараннік В.В., Власов А.В., Рябуха Ю.М. та ін. - № u201403994; заяв. 14.04.2014; опубл. 10.09.2014; Бюл. № 17. - 5 с.

129. Поляков П.Ф. Метод восстановления изображений с контролируемой погрешностью / П.Ф. Поляков, В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – ЦНДІ НіЗ. – 2008. – № 4. – С. 44 – 47.

130. Про інформацію: Закон України від 02.10.1995 №2658-ХІІ-ВР//ВВР.–1992.–№48.–С.651.

131. Про Концепцію Національної програми інформатизації: Закон України від 04.02.1998 №75\98-ВР//ВВР.–1998.–№27-28.–С.182.

132. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред, Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь. 2000. – 800 с.

133. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: в 2 т. / У. Прэтт; пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 736 с.

134. Ребрин Ю.К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов. Киев: Типография Киевского ВВААИУ, 1988. – 500 с.

135. Рекомендации по стандартизации «Информационные технологии. Основные термины и определения в области технической защиты информации» (Р 50.1.053-2005).

136. Рудницький В.М. Технологія побудови пристрою реалізації методу підвищення оперативності доступу до конфіденційних інформаційних ресурсів / В.М. Рудницький, І.В. Миронець, В.Г. Бабенко // Зб. наук. пр. Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: ХУПС. – 2011. – Вип. 3(29). – С. 145-150.

137. Рябуха Ю.Н. Научные технологии в инфокоммуникациях: обработка и защита информации: коллективная монография / под редакцией В.В. Баранника, В.М.Безрука. – Х.: Компания СМИТ, 2013. – 398 с.

138. **Рябуха Ю.Н.** Метод оценки количества операций на рекуррентное трехмерное кодирование данных // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2013. - № 4. - С. 116 - 120.

139. **Рябуха Ю.Н.** Методология формирования параллельной технологии трехмерного кодирования видеопотоков в инфокоммуникациях // Сучасна спеціальна техніка, К.: ДНДІ МВС України. – 2014. – №2(37). – С. 45 - 53.

140. **Рябуха Ю.Н.** Трехмерное равномерное кодирование переменной длиной кода // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2013. – № 164. -С. 38 - 41.

141. Рябуха Ю.М. Технологія узагальненого кодування апертурних складових для бортових засобів телекомунікацій / Ю.М. Рябуха, А.Ю. Школьник // Наукоємні технології. – 2013. – № 4. - С. 55 - 59.

142. **Рябуха Ю.Н.** Технология трехуровневой параллельной реализации трехмерного кодирования структур видеоданных // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2013. – № 165. – С 103 - 106.

143. **Рябуха Ю.Н.** Метод кодирования трехмерных структур данных по вертикально-горизонтальной архитектуре // Сучасна спеціальна техніка, К.: ДНДІ МВС України. – 2014. – № 1. – С. 12 - 21.

144. **Рябуха Ю.Н.** Метод оценки эффективности декодирования трехмерных структур с позиции целостности и доступности

відеоінформаційного ресурса // Інформаційно-управляючі системи на залізничному транспорті. - 2014. - № 4. - С. 65 - 70.

145. **Рябуха Ю.Н.** Метод обробки відеоресурсів з збереженням цілісності в інформаційних системах // Автоматизовані системи управління та прилади автоматики. - 2014. - № 167. - С. 59 - 64.

146. **Рябуха Ю.Н.** Технологія швидкої тривимірної обробки динамічного інформаційного ресурсу в умовах змінюваного семантичного змісту // Радіоелектроніка та інформатика. – 2014. – № 4. – С. 62 - 68.

147. **Рябуха Ю.Н.** Метод тривимірного диференціального міжкадрового кодування без втрати цілісності інформаційного ресурсу // Автоматизовані системи управління та прилади автоматики. - 2014. - № 169. - С. 23 - 30.

148. **Рябуха Ю.Н.** Метод ідентифікації ступеня інформативності семантичного змісту сегмента відеокадру // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2015. - № 1(33). – С. 52 – 56.

149. **Рябуха Ю.М.** Метод верифікації обробки відеоінформаційного ресурсу на основі формування базових рівнів побудови кодових конструкцій // Наукоємні технології. – 2015. – № 3. - С. 39 - 43.

150. **Рябуха Ю.М.** Технологія декодування потоку відеоінформації із заданим рівнем цілісності в інфокомунікаціях / Ю.М. Рябуха, Р.І. Акімов, В.В. Бараннік, Р.В. Тарнополов // VI Міжнародна науково-практична конференція [“Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії ”], (Харків, 17 - 18 квітня 2014 г.) / Харківський національний економічний університет, Харків, 2014. – С. 238

151. **Рябуха Ю.Н.** Аналіз ефективності технологій шифрування в процесі формування відеопотоку / Ю.Н. Рябуха, Д. І. Комолов, Р.В. Тарнополов (Київ, 20 - 23 травня 2014 р.) / Національний авіаційний університет, Київ, 2014. – С. 60.

152. **Рябуха Ю.Н.** Шляхи підвищення інформаційної безпеки

ресурсов в системах специального назначения / Ю.Н. Рябуха, В.В. Баранник, А.Е. Бекиров, Д.И. Комолов // Четверта міжнародна науково-практична конференція [«Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія»], (Вінниця, 28 - 30 травня 2014 р.) / Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2014. – С. 151.

153. Рябуха Ю.Н. Метод повышения доступности видеoinформационного ресурса / Ю.Н. Рябуха, Р.И. Акимов, Р.В. Тарнополов // Вторая международная научно-практическая конференция [“Проблемы информатизации”], (Киев, 12 - 13 апреля 2014 г.) / Государственный университет телекоммуникаций, Киев, 2014. – С. 9.

154. Рябуха Ю.Н. Технология управления характеристиками динамических видеoinформационных ресурсов в кризисных системах / Ю.Н. Рябуха, В.В. Баранник, В.В. Твердохлеб, А.П. Мусиенко // V Международная научно-практическая конференция [“Обработка сигналов и негауссовских процессов», посвященной памяти профессора Кунченко Ю.П.”], (Черкассы, 20 - 22 мая 2015 г.) / Черкасский государственный технологический университет, 2015. – С. 23 – 24.

155. Рябуха Ю.Н. Метод обработки потока кадров для повышения безопасности видеoinформации / Ю.Н. Рябуха, В.В. Баранник, Д.И. Комолов // V Міжнародна науково-практична конференція [“Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія ” (ІТКІ-2015)] (Івано-Франківськ – Ворохта – Вінниця, 27 – 29 травня 2015 р.) / Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, 2015. – С. 47 – 48.

156. Рябуха Ю.Н. Метод нахождения границ объектов в цифровых изображениях / Ю.Н. Рябуха, В.В. Ларин, С.Ю. Стасев, Н.А. Харченко // 15 Міжнародна науково-технічна конференція [“Проблеми інформатики та моделювання”], (Харків - Одеса, 14 - 18 вересня 2015 р.) / Національний технічний університет «ХПІ», Харків-Одеса, 2015. – С. 56.

157. **Рябуха Ю.Н.** Технология быстрой трехмерной обработки динамического видеoinформационного ресурса в условиях меняющегося

семантического содержания // Радиоелектроника и информатика.– 2015. – № 2. – С. 3 - 5

158. Соколов А.Ю. Методы формирования параметров пространственного движения объекта на основе обработки визуальной информации / А.Ю. Соколов, Ватик М.Хуссейн // Радіелектроні і комп'ютерні системи, 2009. - №3 (37). - с.104 - 107.

159. Стасев Ю.В. Захист інформації в автоматизованих системах управління / навч. посібник // Ю.В. Стасєв, В.В. Баранник, О.А. Смірнов. - Х.: ХУПС, 2015. – 264 с.

160. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон. – М: Техносфера, 2004. – 368 с.

161. Тропченко А.Ю. Методы сжатия изображений, аудиосигналов и видео / А.Ю. Тропченко, А.А. Тропченко // Учебное пособие – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 108 с.

162. Толубко В.Б. Метод забезпечення вірогідності передавання інформації системи управління в критичному режимі [Текст] / В.Б. Толубко, Л.Н. Беркман, Л.О. Комарова, І.Е. Похабова // Зв'язок. - 2014. - №1(107). - С. 3 - 7.

163. Толюпа С.В. Побудова сигнально-кодівих конструкцій для багатопробеневи каналів спеціального радіозв'язку [Текст] / С.В. Толюпа, В.С. Наконечний, Л.О. Комарова // Системи управління, навігація та зв'язку. - 2014. - №2(30). - С. 136 - 139.

164. Толюпа С.В. Методи та алгоритми обробки та захисту радіолокаційної інформації у багатопозиційних системах зі змінною просторовою конфігурацією / С.В. Толюпа, В.А. Дружинін, В.С. Наконечний // **Монографія**. К. – Логос – 2014. – с. 251.

165. Фисенко В.Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учебн. пособие / В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

166. Фролов В.С. Структурно логічна схема Єдиної автоматизованої

системи управління Збройних Сил України / В.С. Фролов // Наука и оборона. – 2012. – №1. – С.15 – 24.

167. Хаханов В.И. Модели и архитектура вейвлет преобразований для стандарта JPEG 2000 / В.И. Хаханов, И.В. Хаханова, И.А. Побеженко // АСУ и приборы автоматики. – 2007. – № 2(139). – С. 4 – 12.

168. Хаханов В.И. Исследование процессов передачи данных в реальном режиме времени / В.И. Хаханов, А.В. Бабич, Али А. Мурад // АСУ и приборы автоматики. – 2009. - №147. - С. 4 - 8.

169. Хрящев Д.А. Об одном методе выделения контуров на цифровых изображениях / Д.А. Хрящев // Вестник Астрахан.гос.тех.ун – та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. – № 2. – С.181 – 187.

170. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И.С. Грузман, В.С. Киричук и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.

171. Чернега В.С. Сжатие информации в компьютерных сетях / В.С. Чернега. – Севастополь: Изд – во СевГТУ, 1997. – 214 с.

172. Шевчук Б.М. Технологія багатофункціональної обробки і передачі інформації в моніторингових мережах / Б.М. Шевчук, В.К. Задірака, Л.О. Гнатів, С.В. Фраєр Наукове видання. К., Наук. думка, 2010. – 370 с.

173. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд – во иностр. лит – ры, 1963. – 793 с.

174. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений / Г.Ю. Шлихт // М.: ЭКОМ, 1997. – 336 с.

175. Ширяев А.В. Анализ влияния процесса сжатия видеоинформации на основные характеристики телекоммуникационной сети / А.В. Ширяев, А.А. Красноруцкий // Сучасна спеціальна техніка, К.: ДНДІ МВС України, 2012, – № 1(28) – С. 42 – 47.

176. Юдін О.К. Захист інформації в мережах передачі даних: підручник / Г.Ф. Конахович, О.Г. Корченко, О.К. Юдін. – К.: Видавництво

ТОВ НВП «ІНТЕРСЕРВІС», 2009. – 714с.

177. Юдін О.К. Інформаційна безпека. Нормативно-правове забезпечення: підручник / О.К. Юдін. – К. : НАУ, 2011. – 640с.

178. Юдін О.К. Концептуальний аналіз уразливості державних інформаційних ресурсів / О.К.Юдін, С.С.Бучик // Наукоємні технології. – 2013. - № 3 (19). – С. 299 – 304.

179. Яковенко О.В. Методологічні основи комплексного представлення зображень з контрольованою погрішністю / А.В. Яковенко // Системи озброєння і військова техніка – Х.: ХУПС. – 2008. – Вип. 2(14). – С. 128 – 131.

180. Яковенко А.В. Технологія кодирования трансформант преобразования Уолша / А.В. Яковенко, А.А. Краснорущий, С.Л. Никитченко // Сучасна спеціальна техніка. – 2009. – Вип. 3(14). – С. 128 – 135.

181. Abramov S.K. Multiplicative Noise Variance Evaluation in MM-band Radar Images Using Myriad Estimation / S.K. Abramov, V.V. Lukin, A.A. Zelensky // Physics and Engineering of Millimeter and Sub-Millimeter Waves: Proceeding of the Fourth International Kharkov Symposium, June 2001. – Kharkov, Ukraine, 2001. – Vol. 1. – P. 429 – 431.

182. Akimov D. Occlusion Refinement for Stereo Video Using Optical Flo / D. Akimov, A. Shestov, A. Voronov, D. Vatolin // In: International Conference on 3D Imaging. – 2012. – P. 115 – 138.

183. Andrews H.C., Hunt B.R. Digital Image Restoration. - Englewood Cliffs (NJ): Prentice Hall, 1977. – XVIII, 238 p.

184. Baddeley A.J. Errors in binary images and Lp version of the Hausdorff Metric, Nieuw Archief voor Wiskunde. 1992. Vol. 10, pp. 157–183.

185. Bai X. Towards temporally-coherent video matting / X. Bai, J. Wang, D. Simons // Proceedings of the 5th international conference on Computer vision/computer graphics collaboration techniques. MIRAGE'11, Springer-Verlag. – 2011 – P. 63 – 74.

186. Barannik V. Method Of Encoding Transformant Uolsha Is In Systems

Air Monitoring Of Earth / V. Barannik, A. Yakovenko, A. Krasnorutkiy // Lviv-Slavsko, Ukraine, Lviv Polytechnic National University, International Conference TCSET'2009, Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science, February 19-23, 2009. – P. 381-383.

187. Barannik V. Technology of the Data Processing on the Basis of Adaptive Spectral-Frequency Transformation of Multiadical Presentation of Images / Barannik V., Sidchenko S., Vasiliev D. // International Symposium ["IEEE East-West Design & Test"], (Moscow, Russia, September 18 – 21, 2009) / Moscow: 2009. – P. 495 – 498.

188. Barannik V. The Positional Structural-Weight Coding of the Binary View of Transformants / Barannik V., Hahanova A. // International Symposium ["IEEE East-West Design & Test"], (Kharkov, Ukraine, September 18-21, 2012) / Kharkov: 2012. – P. 490 – 494.

189. Barannik V.V. Accessibility Valuation Method for Video Information Resource on Time Recurrent Reconstruction of the Three-Dimensional Data Structures / V.V. Barannik, Yu.M. Ryabukha // Radioelectronics & informatics. - 2013. - № 1. - C.40-44.

190. Barannik V. A Methodology of video stream selective protection by reference frames / V. Barannik, Dmitry Komolov, Yu. Ryabukha, R. Tarnopolov // // The XIIIth International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics CADSM'2015 (24-27 February 2015 Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine).29 – 31.

191. Barannik V. The methods of intellectual processing of video frames to enhance their semantic integrity and efficiency of delivery in aeromonitor systems / V.V. Barannik, Yu.N. Ryabukha, A.V. Hahanova, A.P. Musienko // International Symposium [«IEEE East-West Design & Test»], (Batumi, Georgia, September 26–29, 2015) / Batumi: 2015.– P. 421–423.

192. Barannik V. Method of effective syntactic description of frames using the contour information to improve the integrity of the video information resource / V.V. Barannik, Yu.N. Ryabukha, A.A.Krasnorutskyy // IEEE Second International

Scientific-Practical Conference [«IEEE Problems of Infocommunications. Science and Technology, PICS&T'2015»], (Kharkiv, Ukraine, October 13-15, 2015) / Kharkiv: 2015. – P. 234 – 237.

193. Barinova O, On detection of multiple object instances using hough transforms / O. Barinova, V. Lempitsky, P. Kholi // Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions. – 2012. – P. 177 – 184.

194. Bowyer K.W., Kranenburg C., Dougherty S. Edge detector evaluation using empirical ROC curves, Computer vision and Image Understanding. 2001. Vol. 84. №. 1, pp. 77–103.

195. Ding Z. GPU accelerated interactive space-time video matting / Z. Ding, H. Chen, Y. Gua, Q. Peng // In Computer Graphics International. – 2010. – P. 163 – 168.

196. Christophe E. Quality criteria benchmark for hiperspectral imagery / E. Christophe, D. Lager, C. Mailhes // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – Sept 2005. – Vol. 43. – No 9. – P. 2103 – 2114.

197. Chen W.H., Pratt W.K. Quantization and human visual model references : Scene adaptive coder // IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-32, pp. 225-232, 1984.

198. Gribkov I.V. [et al.]. Edge Detection under Affine Transformations: Comparative Study by PICASSO 2 System, WSEAS Transactions on Signal Processing. 2006. Is. 9. Vol. 2, pp. 1215–1221.

199. Granrath D.J. The role of human visual models in image processing, // Proceedings of the IEEE, Vol. 67, 1981. - pp. 552-561.

200. Gonzales R.C. Digital image processing / R.C. Gonzales, R.E. Woods. - Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. – 779 p.

201. Grundmann M. Efficient hierarchical graph based video segmentation / M. Grundmann, V. Kwatra, M. Han, I. Essa / IEEE CVPR. // 2010. – P. 85 – 91.

202. Habibi A., Wintz P.F. Image coding by linear transformation and block quantization // IEEE Trans. Commun. Tech. – 1971. V. COM – 19. – №1. P.50 – 63.

203. Kaarna A. Blockwise Distortion Measure for Lossy Compression of Multispectral Image / A. Kaarna, J. Parkkinen // Proceeding of the 10-th European Signal Processing Conference, 5-8 September 2000. – Tampere, Finland, 2000. – P. 2197 – 2200.

204. Kossentini F., Chung W.C., Smith M. Subband image coding using entropy-constrained residual vector quantization / F. Kossentini, W.C. Chung, M. Smith // Information Processing and Management. – 1994. – V.30. – №6. – P. 887 – 896.

205. Milyaev S. Image binarization for end-to-end text understanding in natural images / S. Milyaev, O. Barinova, T. Novikova, V. Lempitsky, P. Kohli // ICDAR. – 2013. – P. 35 – 42.

206. Lee S.Y. Temporally coherent video matting / S.Y. Lee, J.C. Yoon, I.K. Lee // Graphical Models 72. – 2010. – P. 25 – 33.

207. Lezama J. Track to the future: Spatio-temporal video segmentation with long-range motion cues / J. Lezama, K. Alahari, J. Sivic, I. Laptev // In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2011. – P.256 – 289.

208. Lohscheller H. A subjectively adapted image communication system // IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-32, pp. 1316-1322, 1984.

209. Osipov A. A fuzzy approach to performance evaluation of edge detectors, in Lecture Notes in Signal Science, Internet and Education, WSEAS Press. 2007, pp. 94 – 99.

210. Perrin, Chad. "The CIA Triad and Engineering Principles for Information Technology Security". Retrieved 31 May 2012.

211. Petrou M. Image Processing The Fundamentals, John Wiley & Sons, Inc. – 1999. – 355 p.

212. Ponomarenko N. Partition Schemes in DCT Based Image Compression, / N. Ponomarenko, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola // Technical Report 3-2002, ISBN 952-15-0811-6, Tampere University of Technology, Finland, 2002, 100 p.

213. Pratt W.K., Chen W.H., Welch L.R. Slant transform image coding // Proc. Computer Processing in communications. – New York: Polytechnic Press, 1969. – P. 63 – 84.
214. Pratt K. Digital Image Processing: PIKS Inside, Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., 2001, 738 p.
215. Prieto M.S., Allen A.R. A similarity metric for edge images. / M.S. Prieto, A.R. Allen // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2003. Vol. 25. № 10, pp. 1265–1273.
216. Rhemann C. Varying PSF-based Prior for Alpha Matting / C. Rhemann, C. Rother, P. Kohli, M. Gelautz // A Spatially In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2010. P. – 224 – 242.
217. Ryabukha Yu.M. The Distributed Coding Of Three-Dimensional Structures Of Video Data // Science-Based Technologies. – 2014. – № 1. – pp. 75 – 78.
218. Ryabukha Yu. M. Methodology Of The Assessment For Algorithmic Complexity Of Parallel Implementation Of Three-Dimensional Polyadic Coding // Science-Based Technologies. – 2014. – № 4. – pp. 49 – 52.
219. Ryabukha Yu. Video Data Processing Method in Telecommunication Systems / Yu. Ryabukha, Vladimir Krivonos, S. Turenko // XIIth International Conference [“Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET’2014 ”], (Lviv-Slavske, Ukraine, February 25 – March 1, 2014) / Lviv-Slavske: 2014. – P. 531.
220. Ryabukha Yu. Video Decompression Technology in Information and Communication Technologies / Yu. Ryabukha, Vladimir Krivonos, Anna Hahanova // International Symposium [«IEEE East-West Design & Test»], (Kiev, Ukraine, September 26–30, 2014) / Kiev: 2014.– P. 437–439.
221. Sindeev M. Alpha-flow for video matting / M. Sindeev, A. Konushin, C. Rother // Technical Report. – 2012. P. – 41 – 46.
222. Tan K.H. Layered image coding using the DCT pyramid / K.H. Tan, M. Ghanbari // IEEE Trans. Image Proc. – 1995. – V. 4. – № 4. – P. 512 – 516.
223. Tang Z. Video matting via opacity propagation / Z. Tang, Z. Miao,

Y Wan, D. Zhang // *The Visual Computer*. – 2011. – P.1 – 15.

224. Tsai D. Motion coherent tracking with multi-label MRF optimization / D. Tsai, M. Flagg, M.J. Rehg // *BMVC*. - 2010. – P. 112 – 119.

225. Vlasov A.V. Estimation of quality methods disguise images for detection edge contours // *Science-Based Technologies*. – 2013. – № 2 (18). – pp. 193 – 197.

226. Vlasov A.V. Measures estimation of quality disguise of images. / A.V. Vlasov, V.V. Barannik, Nataliya Kharchenko // XIIth International Conference ["The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM)"], (Lviv – Polvana, Ukraine, February 19 – 23, 2013) / Lviv – Polvana: 2013. – pp. 29 – 31.

227. Vlasov A.V. The methodology of two-stage masking images in information and telecommunications systems. / A.V. Vlasov, V.V. Barannik / International Symposium ["IEEE East-West Design & Test"], (Rostov, Russia, September 27 – 30, 2013) / Rostov: 2013. – P. 490 – 494.

228. Vlasov A.V. Method of increasing availability and integrity of video information resources. / A.V. Vlasov, V.V. Barannik, R.V. Akimov // XIIth International Conference ["Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science", TCSET'2014], (Lviv- Slavske, Ukraine, February 25 – March 1, 2014) / Lviv: 2014. – p. 532.

229. Wallace G.K. Overview of the JPEG (ISO/CCITT) Still image compression: image processing algorithms and techniques / G.K. Wallace // *Processing of the SPIE*. – 1990. – Vol. 1244. – P. – 220 – 233.

230. Wallace G.K. The JPEG Still Picture Compression Standard // *Communication in ACM*. – 1991. – V34 – №4. – P.31 – 34.

231. Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. / Z. Wang, A.C. Bovik, H.R. Sheikh // *IEEE Transaction on Image Processing*. – 2004. – Vol. 13, 4., pp. 309-312.

Приложение А

Сегменты реальных аэрофотоснимков с разной степенью семантической информативностью



Рис. А.1. Фрагмент аэрофотоснимка аэродрома (видеоинформационный ресурс с повышенной семантической информативностью)



Рис. А.2. Фрагмент аэрофотоснимка местности (видеоинформационный ресурс с достаточной семантической информативностью)



Рис. А.3. Фрагмент аэрофотоснимка местности с участком дороги
(видеоинформационный ресурс с достаточной семантической
информативностью)



Рис. А.4. Фрагмент аэрофотоснимка ландшафта местности (видеоинформационный ресурс с незначимой семантической информативностью)

Приложение Б

**Результаты обработки ключевых сегментов выбранных
аэрофотоснимков в зависимости от выбранного метода выделения
контурной информации**

Таблица Б.1.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода
маскирования

Блок	Лапласиан					
	ρ	% от всех	ω	% от всех	гориз.	вертикал.
asfalt1	783	76,46	91	8,89	124	138
асфальт2	840	82,03	79	7,71	106	110
boloto1	900	87,89	130	12,7	222	246
самолет1	900	87,89	210	20,51	320	382
вагон2	900	87,89	204	19,92	312	370
поле1	870	84,96	124	12,11	202	228
поле2	900	87,89	175	17,09	280	340
поле3	702	68,55	69	6,74	104	90
поле5	900	87,89	154	15,04	250	294
поле6	754	73,63	80	7,81	108	110
поле7	870	84,96	112	10,94	198	206
лес1	676	66,02	95	9,28	154	176
лес2	900	87,89	173	16,89	274	328
лес3	900	87,89	170	16,6	264	314
самолет2	900	87,89	209	20,41	332	384
самолет1	900	87,89	187	18,26	316	342
крыша1	900	87,89	173	16,89	268	304
крыша2	900	87,89	203	19,82	320	370
крыша3	870	84,96	177	17,29	272	312
дорога/поле1	840	82,03	151	14,75	226	270
дорога/лес	841	82,13	129	12,6	200	226
дорога/поле2	900	87,89	174	16,99	234	322

Таблица Б.2.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования

Блок	Канни					
	ρ	% от всех	ω	% от всех	гориз.	вертикал.
асфальт1	0	0	0	0	0	0
асфальт2	0	0	0	0	0	0
болото1	0	0	0	0	0	0
вагон1	0	0	0	0	0	0
вагон2	660	64,45	135	13,18	76	222
поле1	6	0,59	6	0,59	4	12
поле2	0	0	0	0	0	0
поле3	0	0	0	0	0	0
поле5	0	0	0	0	0	0
поле6	0	0	0	0	0	0
поле7	0	0	0	0	0	0
лес1	2	0,2	2	0,2	2	4
лес2	1	0,1	1	0,1	2	2
лес3	3	0,29	3	0,29	2	6
самолет1	750	73,24	80	7,81	84	138
самолет2	625	61,04	57	5,57	78	106
крыша1	8	0,78	8	0,78	16	2
крыша2	361	35,25	90	8,79	74	40
крыша3	784	76,56	100	9,77	126	150
дорога/поле1	504	49,22	65	6,35	50	66
дорога/лес	0	0	0	0	0	0
дорога/поле2	0	0	0	0	0	0

Таблица Б.3.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования

Блок	Собель					
	ρ	% от всех	ω	% от всех	гориз.	вертикал.
асфальт1	0	0	0	0	0	0
асфальт2	9	0,88	9	0,88	4	18
болото1	30	2,93	15	1,46	16	30
вагон1	900	87,89	177	17,29	206	270
вагон2	870	84,96	139	13,57	164	222
поле1	5	0,49	5	0,49	8	10
поле2	20	1,95	6	0,59	12	12
поле3	0	0	0	0	0	0
поле5	6	0,59	3	0,29	6	6
поле6	70	6,84	18	1,76	16	30
поле7	2	0,2	2	0,2	4	4
лес1	39	3,81	15	1,46	18	28
лес2	44	4,3	13	1,27	20	26
лес3	68	6,64	18	1,76	14	36
самолет1	900	87,89	184	17,97	220	248
самолет2	870	84,96	147	14,36	208	218
крыша1	504	49,22	51	4,98	78	92
крыша2	840	82,03	166	16,21	226	236
крыша3	700	68,36	70	6,84	112	116
дорога/поле2	72	7,03	17	1,66	14	34
дорога/поле1	532	51,95	57	5,57	68	96
дорога/лес	176	17,19	22	2,15	34	26

Таблица Б.4.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования

Блок	ρ	Прюит				гориз.	вертикал.
		% от всех	ω	% от всех			
асфальт1	0	0	0	0	0	0	
асфальт2	6	0,59	6	0,59	4	12	
болото1	0	0	0	0	0	0	
вагон1	754	73,63	96	9,38	108	148	
вагон2	780	76,17	137	13,38	116	252	
поле1	0	0	0	0	0	0	
поле2	9	0,88	9	0,88	6	18	
поле3	18	1,76	18	1,76	10	36	
поле5	17	1,66	17	1,66	12	34	
поле6	13	1,27	13	1,27	8	26	
поле7	6	0,59	6	0,59	6	12	
лес1	0	0	0	0	0	0	
лес2	0	0	0	0	0	0	
лес3	0	0	0	0	0	0	
самолет1	812	79,3	110	10,74	160	168	
самолет2	870	84,96	123	12,01	164	178	
крыша1	594	58,01	68	6,64	90	74	
крыша2	702	68,55	97	9,47	160	118	
крыша3	675	65,92	77	7,52	106	106	
дорога/поле2	32	3,13	19	1,86	10	38	
дорога/поле1	476	46,48	48	4,69	52	80	
дорога/лес	85	8,3	20	1,95	20	38	

Таблица Б.5.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования

Хрящева						
Блок	ρ	% от всех	ω	% от всех	гориз.	вертикал.
асфальт1	14	1,37	14	1,37	6	28
асфальт2	20	1,95	20	1,95	10	40
болото1	0	0	0	0	0	0
вагон1	6	0,59	6	0,59	4	12
дорога/поле2	11	1,07	11	1,07	10	22
дорога/поле1	0	0	0	0	0	0
дорога/лес	8	0,78	8	0,78	6	16
вагон2	12	1,17	12	1,17	4	24
поле1	0	0	0	0	0	0
поле2	5	0,49	5	0,49	6	10
поле3	19	1,86	19	1,86	12	38
поле5	17	1,66	17	1,66	12	34
поле6	11	1,07	11	1,07	8	22
поле7	2	0,2	2	0,2	2	4
лес1	0	0	0	0	0	0
лес2	0	0	0	0	0	0
лес3	0	0	0	0	0	0
самолет1	190	18,55	25	2,44	24	46
самолет2	143	13,96	19	1,86	30	28
крыша1	11	1,07	11	1,07	8	22
крыша2	16	1,56	4	0,39	8	8
крыша3	7	0,68	7	0,68	4	14

Таблица Б.6.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования

Блок	ρ	% от всех	Шару		гориз.	вертикал.
			ω	% от всех		
асфальт1	638	62,3	92	8,98	100	156
асфальт2	870	84,96	130	12,7	184	148
болото1	900	87,89	209	20,41	310	304
вагон1	900	87,89	248	24,22	374	394
вагон2	900	87,89	248	24,22	360	410
поле1	900	87,89	210	20,51	308	308
поле2	900	87,89	231	22,56	364	342
поле3	810	79,1	106	10,35	144	154
поле6	840	82,03	150	14,65	196	154
поле7	900	87,89	215	21	312	336
лес1	900	87,89	207	20,21	324	310
лес2	900	87,89	241	23,54	346	342
лес3	900	87,89	239	23,34	360	358
самолет1	900	87,89	237	23,14	356	376
самолет2	900	87,89	240	23,44	338	370
крыша2	900	87,89	216	21,09	342	340
крыша3	900	87,89	207	20,21	298	312
дорога/поле2	900	87,89	225	21,97	322	362
дорога/поле1	870	84,96	181	17,68	246	270
дорога/лес	870	84,96	201	19,63	274	296
крыша1	840	82,03	191	18,65	264	296
поле1	900	87,89	229	22,36	336	352

Таблица Б.7.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования

Блок	Лапласа 1					
	ρ	% от всех	ω	% от всех	гориз.	вертикал.
асфальт2	14	1,37	14	1,37	14	28
болото1	13	1,27	13	1,27	18	26
вагон1	266	25,98	28	2,73	50	56
вагон2	96	9,38	15	1,46	26	30
поле1	6	0,59	6	0,59	10	12
поле3	13	1,27	13	1,27	12	26
поле5	11	1,07	11	1,07	12	22
поле6	6	0,59	6	0,59	8	12
поле7	19	1,86	19	1,86	14	38
лес1	16	1,56	16	1,56	14	32
лес2	16	1,56	16	1,56	16	32
лес3	11	1,07	11	1,07	16	22
самолет1	252	24,61	33	3,22	52	66
самолет2	440	42,97	37	3,61	66	74
крыша1	160	15,63	22	2,15	28	44
крыша2	567	55,37	71	6,93	118	136
крыша3	26	2,54	14	1,37	12	28
дорога/поле1	21	2,05	8	0,78	12	16
дорога/лес	54	5,27	19	1,86	22	38
дорога/поле2	18	1,76	18	1,76	10	36
поле2	11	1,07	11	1,07	8	22

Таблица Б.8.

Значения показателя идентификации сегментов аэрофотоснимка для метода маскирования

Лапласа 2						
Блок	ρ	% от всех	ω	% от всех	гориз.	вертикал.
асфальт1	11	1,07	11	1,07	14	22
асфальт2	24	2,34	13	1,27	14	26
болото1	216	21,09	25	2,44	42	48
вагон1	900	87,89	168	16,41	270	314
вагон2	900	87,89	176	17,19	252	330
поле1	180	17,58	26	2,54	42	50
поле2	289	28,22	33	3,22	58	62
поле3	22	2,15	12	1,17	16	24
поле6	21	2,05	8	0,78	12	16
поле7	152	14,84	23	2,25	32	46
лес1	36	3,52	10	0,98	16	20
лес2	598	58,4	50	4,88	90	100
лес3	528	51,56	49	4,79	88	88
самолет1	870	84,96	133	12,99	224	254
самолет2	900	87,89	133	12,99	216	248
крыша1	783	76,46	82	8,01	130	162
крыша2	870	84,96	160	15,63	250	308
крыша3	729	71,19	83	8,11	134	160
дорога/поле1	551	53,81	70	6,84	106	138
дорога/лес	342	33,4	30	2,93	52	60
дорога/поле2	522	50,98	69	6,74	78	134
поле5	572	55,86	54	5,27	86	102

Приложение В

Акты реализации

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший заступник Головного конструктора
ДНВП «Об'єднання Комунар» –
Головний інженер НТ СКБ «ПОЛІСВІТ»

кандидат технічних наук, доцент,
заслужений винахідник України



М.Ф. Сидоренко
М.Ф. Сидоренко

" 3 " березня 2015 року

А К Т

впровадження результатів науково-прикладних досліджень Рябухи Юрія Миколайовича

Комісія у складі: голови начальника відділу Євсюкова М.П. та членів комісії начальника лабораторії Сальникова В.В., провідного інженера, кандидата технічних наук Дашкієва В.М. склала дійсний акт, який полягає в тому, що при виконанні дослідно-конструкторських робіт використані наступні результати науково-прикладних досліджень Рябухи Юрія Миколайовича:

1. Технологія тривимірного кодування даних на основі тривимірної поліадичної нумерації. Розроблене кодування забезпечує виключення надмірності одночасно по трьом координатам тривимірних структур даних. При цьому обробка тривимірних структур даних здійснюється в режимі рівномірних тривимірних поліадичних чисел і змінної довжини кодового слова на представлення їх кодового значення.

2. Технологія трирівневого паралельного тривимірного нерівномірнопозиційного кодування структур відеоданих. Таке кодування засноване на наступних етапах розпаралелювання: паралельного обчислення коду за рахунок послідовного по парного укрупнення (отримання діполіадичних чисел по стовпцях) розрядів по стовпцях; паралельного обчислення коду для рядка за рахунок послідовного по парного укрупнення (отримання діполіадичних чисел по рядках) розрядів по рядках; розпаралелювання для формування коду вертикалей на основі паралельного по парного укрупнення розрядів.

3. Метод підвищення доступності і цілісності відеоінформації зі збереженням інформації про контури об'єктів на основі використання методу обробки з маскуванням зображення та тривимірним кодуванням.

Впровадження результатів досліджень Рябухи Юрія Миколайовича в контрольно-перевірочних комплексах КУ560, КУ4560 та в автоматизованій системі відображення інформації АСВІ на основі програмно-апаратних реалізацій дозволило забезпечити:

1) підвищення доступності відеоінформації, яка передається та зберігається на бортових комплексах аерокосмічного моніторингу, в середньому на 35 – 47%;

2) забезпечити підвищення цілісності та доступності надходження інформації під час оперативного відео моніторингу в середньому на 47%;

3) забезпечити можливість побудови відеоінформаційних храніліщ в інтересах профільних відомств з врахуванням тривимірної семантичної структури зображень. Це дозволяє забезпечити скорочення часу пошуку та передачі відеоданих, підвищити її достовірність для забезпечення заданого рівня безпеки відеоінформації в інтересах профільних служб.

Голова комісії

Начальник відділу



М.П. Євсюков

Члени комісії:

Начальник лабораторії



В.В. Сальников

Провідний інженер,
кандидат технічних наук



В.М. Дашкієв

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. Директора ДП «Чугуївський
авіаційний ремонтний завод»



ТАТУЗЯН Е.Р.

_____ 2015 р.

А К Т

впровадження результатів науково-прикладних досліджень Рябухи Юрія Миколайовича

Комісія у складі: голови - Радника директора ДП «Чугуївський авіаційний ремонтний завод» (ЧАРЗ), кандидата технічних наук Соловйова О.В. та членів комісії - начальника дослідного виробництва ДП «ЧАРЗ» Хорольського М.Д., головного конструктора дослідного виробництва ДП «ЧАРЗ» Шквирі М.В. склала дійсний акт, який полягає в тому, що при виконанні дослідно-конструкторських робіт використані наступні результати науково-прикладних досліджень Рябухи Юрія Миколайовича:

1. Метод підвищення безпеки дистанційного відеоінформаційного ресурсу в системі аеромоніторингу кризових ситуацій на основі інтелектуальної обробки відеокадрів на рівні інформативного синтаксичного опису з автоматичною ідентифікацією їх семантичного змісту за контурною інформацією.

2. Метод оцінки цілісності ресурсів відеоінформацій по семантично значущих сегментах для двохконцептуального методу обробки відеокадрів з ідентифікацією їх семантичного навантаження.

3. Метод оцінки доступності дистанційного інформаційного ресурсу в умовах аеромоніторингу кризових ситуацій на основі інтелектуального методу обробки відеокадрів з ідентифікацією семантичної інформативності і адаптивного двохалфавітного біадичного кодування оконтурованих сегментів. Даний метод забезпечує оцінку вірогідності втрати доступності дистанційного ресурсу відеоінформації як ймовірності настання події, коли реальний час по доступності до дистанційного відеоресурсу перевищуватиме критичний час доступності (необхідний рівень).

Впровадження результатів науково-прикладних досліджень при організації інформаційного забезпечення систем управління кризових

ситуацій на базі безпілотних бортових комплексів аеромоніторингу на основі програмно-апаратних реалізацій дозволило забезпечити наступні результати:

1. Розроблений метод обробки відеоінформації з інтелектуальною ідентифікацією їх семантичного змісту забезпечує можливість для збереження цілісності сегментів відеокадрів, що проявляється в наступному:

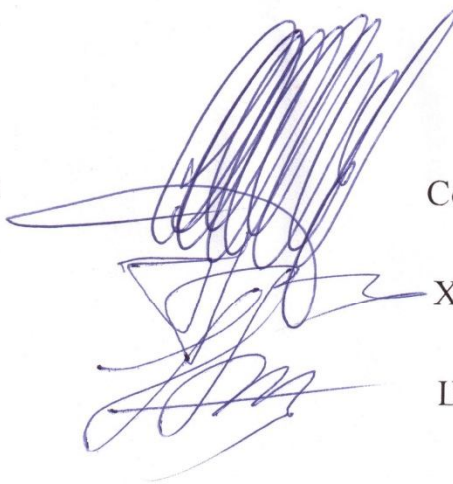
1) виграш для розробленого методу в режимі відсутності спотворень щодо стандартизованих технологій в стратегії квантування 1 досягається на 57 дБ для сегментів із значущим семантичним навантаженням. При цьому для розробленого методу забезпечується доступність дистанційного інформаційного ресурсу в реальному часі;

2) у динаміці оцінки сегментів для РМ більше 93% сегментів потрапляють під нижній допустимий критичний рівень пікового відношення сигнал/шум (ПОСШ). При цьому сегменти із значущим семантичним навантаженням на 100% потрапляють вище за рівень максимальної критичної межі ПОСШ. Для стандартизованих технологій в трубу по нижньому критичному рівню ПОСШ потрапляють тільки сегменти з незначущою семантикою контексту, і лише в режимі втрати цілісності.

2. Розроблений метод формування інформативного синтаксичного опису відеокадрів з інтелектуальною ідентифікацією семантичної інформативності забезпечує умови для збереження цілісності аерофотознімків з різним ступенем насиченості деталями і різним ландшафтом. Це виявляється в тому, що для розробленого методу ймовірність втрати цілісності відеоінформаційних ресурсів по динаміки обробки сегментів із значущою семантичною інформативністю не перевищує 3,5 %, а з достатньо інформативним семантичним навантаженням не перевищує 2,5 %. Навпаки, для стандартизованих технологій синтаксичного представлення відеокадрів вірогідності втрати цілісності відповідно приймають значень від 43 до 70 % і від 40 до 65 %.

Голова комісії
кандидат технічних наук

Члени комісії:



Соловйов О.В.

Хорольский М.Д.

Шквиря М.В.

ДЕРЖАВНИЙ КОНЦЕРН "УКРОБОРОНПРОМ"

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО ЦЕНТРАЛЬНЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "ПРОТОН"
ДП "ЦКБ "ПРОТОН"

майдан Повстання, 7/8 м. Харків, 61001, Телефон (057) 732-15-48 факс: (057) 732-25-44
код ЄДРПОУ 14309408

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ДП «ЦКБ» «Протон»
К.Т. О.І. Вотяков

" " "ПРОТОН" 2015 р.



№ _____

А К Т

**впровадження результатів науково-прикладних досліджень
Рябухи Юрія Миколайовича**

Комісія ДП «ЦКБ» «Протон» у складі: голови – головного наукового співробітника кандидата технічних наук Голобородько Юрія Миколайовича та членів комісії – головного наукового співробітника кандидата технічних наук старшого наукового співробітника Писарьонка Георгія Георгійовича, заступника директора з економіки кандидата технічних наук Кузніченка В'ячеслава Семеновича склала дійсний акт в тім, що в ДП «ЦКБ «Протон» при виконанні дослідно-конструкторських робіт використані наступні результати науково-прикладних досліджень Рябухи Юрія Миколайовича:

1. Концептуальний метод підвищення безпеки дистанційного інформаційного ресурсу в системі розпізнавання сигналів судового комплексу радіомоніторинга «Пуговица–ДМ» на основі інтелектуальної обробки відеоданих. Базовими характеристиками методу є:

1) створення ефективного синтаксичного представлення даних з врахуванням знань, отриманих в результаті інтелектуальної обробки їх семантичного змісту;

2) побудова методу кодування двохбазисних біадичних чисел з обліком згортки різних кодових складових відеоданих в єдине число на основі функціоналу, який задає ознаку ідентифікації позицій елементів даних;

3) метод формування двійкових кодових конструкцій для ефективного синтаксичного опису на основі стратегії нерівномірного кодобудування кодових значень даних з двохбазисного біадичного в двійковий простір;

4) метод верифікації концепцій обробки даних на основі двохаспектної сумісності, а саме: технологічних аспектів двох концепцій обробки статичних даних щодо підтримки виконання умови доступності і цілісності на рівні формування інформативних складових кодових конструкцій синтаксичного опису; обробки службових даних для двох концептуальних складових системи обробки статичних інформаційних ресурсів.

Це забезпечує формування інформативного синтаксичного представлення даних із заданим рівнем семантичної цілісності і доступності інформаційного ресурсу.

Впровадження результатів науково-прикладних досліджень в комплекси обробки і передачі інформації дозволило забезпечити те, що для розробленого двохконцептуального методу в порівнянні із стандартизованими технологіями забезпечується збільшення синтаксичної щільності в наступних випадках:

- найбільше в динаміці по сегментах з різним семантичним навантаженням значення синтаксичної щільності досягається для розробленого методу в режимі обліку візуального сприйняття. Виграш в порівнянні із стандартизованими технологіями досягається від 1,5 до 5 разів;

- виграш по всієї динаміки обробки сегментів для розробленого методу в режимі відсутності спотворень щодо стандартизованого методу складає в середньому 1,5 - 2,5 рази.

Це дозволяє стверджувати, що використання перерахованих результатів досліджень Ю.М.Рябухи дозволить підвищити ефективність системи розпізнавання сигналів комплексу радіомоніторингу.

Акт розглянуто та схвалено на засіданні НТС НДВ-3 ДП «ЦКБ «Протон».

Голова комісії

кандидат технічних наук

Ю.М. Голобородько

Члени комісії:

кандидат технічних наук

Г.Г. Писарьонк

кандидат технічних наук

В.С. Кузніченко

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова правління ПАТ
«Вовчанський агрегатний завод»



[Signature]
О.А.Антоненко

Кандидат технічних наук

" _____ " _____ 2015 р.

А К Т

**впровадження результатів науково-прикладних досліджень
Рябухи Юрія Миколайовича**

Комісія у складі: голови начальника відділу Лукашика М.А, та члена комісії начальника відділу Кузьменко В.І., склала дійсний акт, який полягає в тому, що при виконанні дослідно-конструкторських робіт використані наступні результати науково-прикладних досліджень Рябухи Юрія Миколайовича:

1. Метод підвищення безпеки дистанційного відеоінформаційного ресурсу в системі аеромоніторингу кризових ситуацій на основі інтелектуальної обробки відеокадрів на рівні інформативного синтаксичного опису з автоматичною ідентифікацією їх семантичного змісту за контурною інформацією.

2. Метод оцінки цілісності ресурсів відеоінформацій по семантично значущих сегментах для двохконцептуального методу обробки відеокадрів з ідентифікацією їх семантичного навантаження.

3. Метод оцінки доступності дистанційного інформаційного ресурсу в умовах аеромоніторингу кризових ситуацій на основі інтелектуального методу обробки відеокадрів з ідентифікацією семантичної інформативності і адаптивного двохалфавітного біадичного кодування оконтурованих сегментів. Даний метод забезпечує оцінку вірогідності втрати доступності дистанційного ресурсу відеоінформації як ймовірності настання події, коли реальний час по доступності до дистанційного відеоресурсу перевищуватиме критичний час доступності (необхідний рівень).

Впровадження результатів науково-прикладних досліджень при організації інформаційного забезпечення систем управління кризових ситуацій на базі безпілотних бортових комплексів аеромоніторингу на основі програмно-апаратних реалізацій дозволило забезпечити наступні результати:

1. Розроблений метод обробки відеоінформації з інтелектуальною ідентифікацією їх семантичного змісту забезпечує можливість для збереження цілісності сегментів відеокадрів, що проявляється в наступному:

1) виграш для розробленого методу в режимі відсутності спотворень щодо стандартизованих технологій в стратегії квантування 1 досягається на 57 дБ для сегментів із значущим семантичним навантаженням. При цьому для розробленого методу забезпечується доступність дистанційного інформаційного ресурсу в реальному часі;

2) у динаміці оцінки сегментів для РМ більше 93% сегментів потрапляють під нижній допустимий критичний рівень пікового відношення сигнал/шум (ПОСШ). При цьому сегменти із значущим семантичним навантаженням на 100% потрапляють вище за рівень максимальної критичної межі ПОСШ. Для стандартизованих технологій в трубу по нижньому критичному рівню ПОСШ потрапляють тільки сегменти з незначущою семантикою контексту, і лише в режимі втрати цілісності.

2. Розроблений метод формування інформативного синтаксичного опису відеокадрів з інтелектуальною ідентифікацією семантичної інформативності забезпечує умови для збереження цілісності аерофотознімків з різним ступенем насиченості деталями і різним ландшафтом. Це виявляється в тому, що для розробленого методу ймовірність втрати цілісності відеоінформаційних ресурсів по динаміки обробки сегментів із значущою семантичною інформативністю не перевищує 3,5 %, а з достатньо інформативним семантичним навантаженням не перевищує 2,5 %. Навпаки, для стандартизованих технологій синтаксичного представлення відеокадрів вірогідності втрати цілісності відповідно приймають значень від 43 до 70 % і від 40 до 65 %.

Голова комісії
начальник відділу



М.А.Лукашик

Член комісії
начальник відділу



В.І.Кузьменко

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



А К Т

впровадження результатів науково-прикладних досліджень
Рябухи Юрія Миколайовича

Комісія

у

складі:

Голова комісії: заступник директора Харківського державного авіа підприємства Поцтар Л.І. та членів комісії: и.п. бюро захисту тех. інформації Горобуш В.І., и.п. Вороні-Зованчой охорони підприємства Маслов Р.Ф.

склала дійсний акт, який полягає в тому, що при виконанні дослідно-конструкторських робіт використані наступні результати науково-прикладних досліджень Рябухи Юрія Миколайовича:

1. Метрика для визначення кількості семантичної інформативності сегменту відеокадру на основі використання контурної інформації. Характерною особливістю метрики є те, що на основі визначення матриці вагових показників, що несуть ознакову інформацію про наявність контурного елементу в двійковій масці, встановлюється непрямий емпіричний взаємозв'язок між кількістю семантичної інформативності сегменту відеокадру та кількістю інформації в двійковій масці сегменту з врахуванням двовимірних структурно-комбінаторних закономірностей.

2. Концепція інформативного синтаксичного опису ідентифікованих сегментів відеокадрів з врахуванням ступеня їх семантичної інформативності із збереженням необхідної контурної інформації. Для даної концепції досягається формування синтаксичного опису відеокадру, з урахуванням того, що закономірності за якими усувається надмірність на рівні синтаксичного опису, формуються на рівні семантичної обробки.

Впровадження результатів науково-прикладних досліджень при організації інформаційного забезпечення для автоматизованих систем управління бортовими комплексами дозволило забезпечити наступні результати. Для розробленого методу щодо стандартизованих технологій по доступності до відеоресурсу досягаються наступні результати:

1. Розроблений метод в режимі обліку візуального сприйняття забезпечує вираш по доступності до інформації щодо стандартизованих технологій з

другою стратегією квантування, а саме: для низькошвидкісних каналів від 2 до 3 разів; для середньоскоростних радіоканалів від 15 до 30 %.

2. Розроблений метод в режимі відсутності спотворень забезпечує виграш по доступності до відеоресурсу щодо стандартизованих технологій з другою стратегією квантування, а саме: для низькошвидкісних радіоканалів для кадрів з низьким ступенем насиченості в середньому на 30 %.

3. Виграш для розробленого методу щодо стандартизованих технологій по доступності до відеоінформації забезпечується для наступних випадків: у режимі обліку візуального сприйняття в 2,5 разу для малоформатних знімків і від 2,5 до 5 разів для середньоформатних знімків; для середньоформатного знімку з кількістю сегментів в кадрі не нижче $12 \cdot 10^3$ стандартизовані технології не забезпечують доступність до відеоданих. Тоді як розроблений метод забезпечує доступність з ймовірністю 0,9.

4. Виграш по доступності для розробленого методу щодо стандартизованих технологій досягається в наступних випадках:

1) для режиму корекції візуального сприйняття: середньоформатних знімків з кількістю сегментів в кадрі $24 \cdot 10^3$ на 20%; широкоформатних знімків з кількістю сегментів в кадрі $48 \cdot 10^3$ в 2,5 рази;

2) для режиму відсутності спотворень для знімків з низьким ступенем насиченості: середньоформатних знімків з кількістю сегментів в кадрі $24 \cdot 10^3$ на 20%; широкоформатних знімків з кількістю сегментів в кадрі $48 \cdot 10^3$ на 15 %.

Голова комісії:

Заступник директора ХДАВТ "Розитар Леонтій Іванович"

Члени комісії:

НАУ. бюро захисту тех. інформації
НАУ. воєнізованої охорони

Горбунь
Маслов

Горбунь Володимир Іванович
Маслов Геннадій Федорович

ЗАТВЕРДЖУЮ



ГВО заступника начальника
Харківського університету
Повітряних Сил імені Івана
Кожедуба з навчальної роботи

Ю.І.ПОЛОНСЬКИЙ

« _____ » 2015 р.

АКТ

**впровадження результатів науково-прикладних досліджень
Рябухи Юрія Миколайовича в навчальний процес
Харківського університету Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба**

Основні результати дисертаційного дослідження Рябухи Юрія Миколайовича використовуються при викладанні дисципліни «Обробка інформації в авіониці», «Аерофотограметрія», «Оптико-електронні розвідувальні системи ЛА», «Цифрова обробка зображень» бакалаврам напряму 6.051103 «Авіоніка».

До лекційного курсу вказаних дисциплін включені такі результати, отримані Рябухою Ю.М.:

1. Концепція інформативного синтаксичного опису ідентифікованих сегментів відеокадрів з врахуванням ступеня їх семантичної інформативності із збереженням необхідної контурної інформації.

2. Метод підвищення безпеки дистанційного відеоінформаційного ресурсу в системі аеромоніторингу кризових ситуацій на основі інтелектуальної обробки відеокадрів на рівні інформативного синтаксичного опису з автоматичною ідентифікацією їх семантичного змісту за контурною інформацією.

При виконанні кваліфікаційних робіт використовується метод оцінки втрати цілісності відеоінформаційного ресурсу на основі методу семантичної обробки відеокадру з подальшим ефективним синтаксичним описом з використанням критичних рівнів значень пікового відношення сигнал/шум.

Голова комісії

Красноруцький А.О.

Члени комісії:

Лиходєєв О.С.

Ященок В.Ж.

Барсуков О.М.

Прим. № ___

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Командувач Повітряних Сил
 Збройних Сил України
 генерал-полковник

Ю.А. БАЙДАК

2015 року

АКТ

про приймання та реалізацію заключного звіту з науково-дослідної роботи

“Розробка комплексної моделі захисту інформації в автоматизованих системах управління спеціального призначення на пунктах управління Повітряних Сил Збройних Сил України”, шифр “ПАЛІТРА”, № держреєстрації 0101U001748

Комісія у складі:

голови:	генерал-майора	О.І. КУШНІРА
членів комісії	полковника	О.П. ДАВИКОЗА
	полковника	В.М. СЛАВІХІНА
	полковника	В.Д. ЛУНЯКА
	підполковник	Я.Г. ПОЛЩУК

у період з 19.05.2015 по 27.05.2015

провела приймання “Розробка комплексної моделі захисту інформації в автоматизованих системах управління спеціального призначення на пунктах управління Повітряних Сил Збройних Сил України”, шифр “ПАЛІТРА”, № держреєстрації 0101U001748

створеного Харківським університетом Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

на підставі технічного завдання, затвердженого Командувачем Повітряних Сил Збройних Сил України від 28.01.2014.

Комісія розглянула: заключний звіт з НДР “Розробка комплексної моделі захисту інформації в автоматизованих системах управління спеціального призначення на пунктах управління Повітряних Сил Збройних Сил України”, шифр “ПАЛІТРА”, № держреєстрації 0101U001748

220611
 До 11/38
 34 АГ 01-11

Встановила:

Робота виконана у повному обсязі і відповідає технічному завданню.

Заключний звіт з науково-дослідної роботи виконаний на актуальну для Повітряних Сил Збройних Сил України тему і направлений на проведення системного аналізу інформаційного ресурсу (розвідувального), який створюється засобами відео конференційного зв'язку, методів математичного моделювання, захисту інформації та технології цифрової обробки сигналів.

Основні результати роботи:

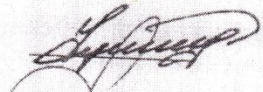
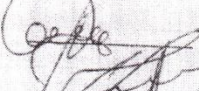
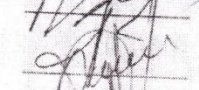


1. Отримані результати заключного звіту НДР шифр "ПАЛІТРА" визначають основні погляди, підходи та методики для розробки проектів будівництва автоматизованих систем управління спеціального призначення з підсистемою відео конференційного зв'язку та елементами захисту інформації в них.

2. Обґрунтована та розроблена задача (спеціальне програмне забезпечення) щодо реалізації методу стійких до дешифрування представлень зображень в середовищі DELPHI, методу селективного захисту відео інформації за допомогою дискретно-косинусного перетворення на основі алгоритму JPEG.

3. Заключний звіт з науково-дослідної роботи "Розробка комплексної моделі захисту інформації в автоматизованих системах управління спеціального призначення на пунктах управління Повітряних Сил Збройних Сил України", шифр "ПАЛІТРА", № держреєстрації 0101U001748, створеного Харківським університетом Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, на підставі технічного завдання, затвердженого Командувачем Повітряних Сил Збройних Сил України від 28.01.2014, вважати виконаним та прийнятим.

Рекомендації. Результати досліджень можуть бути використані при створенні автоматизованих систем спеціального призначення на пунктах управління з елементами захищеної системи відео конференційного зв'язку, як підсистеми Єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України.

Комісія у складі:

голова:	генерал-майор		О.І. КУШНІР
члени комісії	полковник		О.П. ДАВИКОЗА
	полковник		В.М. СЛАВІХІН
	полковник		В.Д. ЛУНЯКА
	підполковник		Я.Г. ПОЛІЩУК