



Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Факультет вычислительной математики и кибернетики

Бондаренко Максим Андреевич

**Разработка методов и алгоритмов совмещения
2D и 3D информации для авиационных систем
улучшенного и синтезированного видения**

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Специальность: 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов
и компьютерных сетей

Научный руководитель: д. т. н., профессор Сухомлин Владимир Александрович

Москва – 2016

Актуальность темы исследования

- В авиационных системах комбинированного видения (СКВ) перспективных летательных аппаратов должна осуществляться комплексная обработка видеоинформации для формирования максимально полной и объективной картины о внешней обстановке в сложных условиях видимости для существенного повышения безопасности полётов.
- Почти 75% аварий самолётов при заходе на посадку и посадке происходят в аэропортах при плохой видимости, где недоступны или отсутствуют приборы точного захода на посадку.
- Системы улучшенного и синтезированного видения уже широко применяются при пилотировании в сложных погодных условиях на этапе посадки воздушных судов.
- У известных подходов комплексной обработки информации от таких систем присутствуют недостатки, делающие их практическое внедрение неэффективным и затруднительным, что говорит об актуальности данного исследования.

Цель диссертации:

разработка эффективных алгоритмов совмещения и комплексирования сенсорных и полученных по 3D виртуальной модели местности (ВММ) синтезированных изображений для авиационных СКВ.

Совмещение изображений, как таковое, при этом не является конечной целью, а представляет собой лишь важный предварительный этап для их комплексирования.

Основные задачи:

- разработка универсального и вычислительно эффективного алгоритма совмещения изображений от бортовых сенсоров с изображениями, формируемыми в бортовом вычислителе по ВММ;
- разработка метода сравнительной количественной оценки алгоритмов комплексирования;
- разработка эффективного алгоритма комплексирования сенсорных изображений и соответствующих им синтетических изображений, формируемых по ВММ;
- создание программной реализации разработанных алгоритмов и проведение их экспериментальной проверки на модельных и реальных данных.

Научная новизна диссертации

Заключается в разработке новых алгоритмов совмещения и комплексирования разнородной видеоинформации для авиационных СКВ, а также в разработке алгоритмов количественной оценки их эффективности, согласованных с визуальным восприятием.

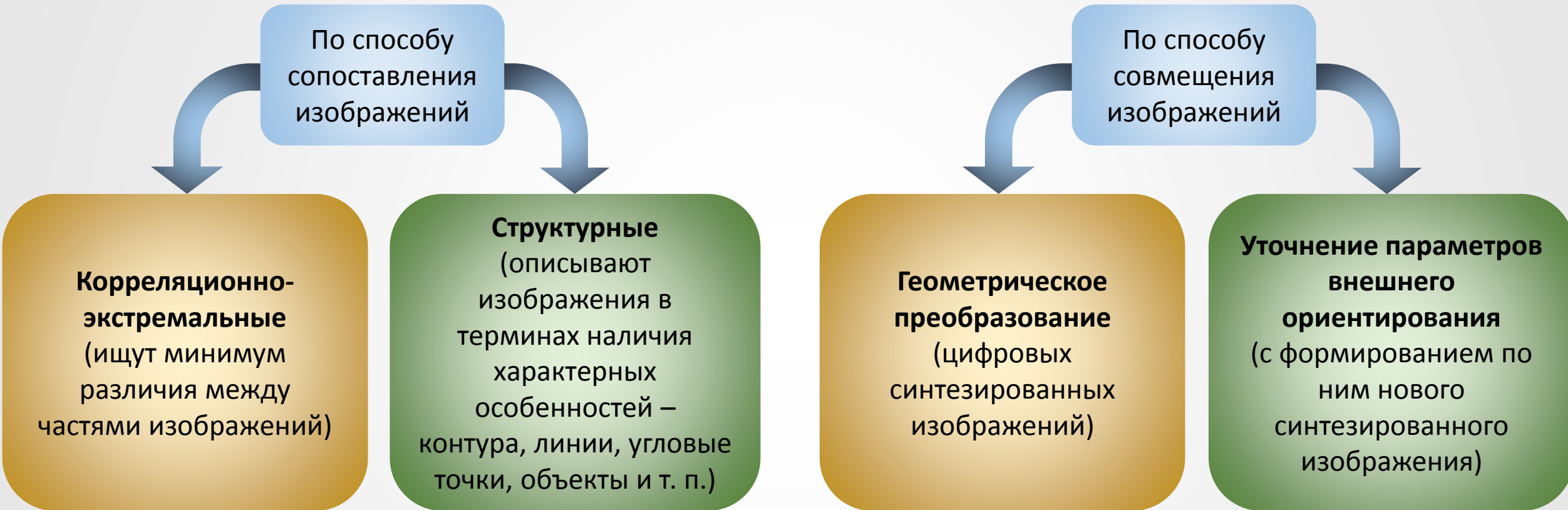
Предлагаемые алгоритмы отличаются универсальностью, так как не требовательны к сюжетному содержанию совмещаемых сцен, сохраняют исходные поля зрения, геометрически не искажают входные данные, удовлетворяют минимальным требованиям авиационных руководств, вычислительно эффективны, а также характеризуются бóльшей информативностью выходных результатов, согласно предложенным способам их количественной оценки.

Положения, выносимые на защиту:

- алгоритм совмещения 2D и 3D информации;
- метод количественной оценки качества работы алгоритма совмещения 2D и 3D информации;
- новое применение известного алгоритма 3D фильтрации для комплексирования сенсорных и синтезированных изображений и его модификация «взвешенное усреднение»;
- метод количественной оценки информативности комбинированных изображений;
- структура испытательного программного стенда, реализующего работу разработанных алгоритмов в рамках системы комбинированного видения.

Классификация методов совмещения изображений с проекциями 3D моделей

5

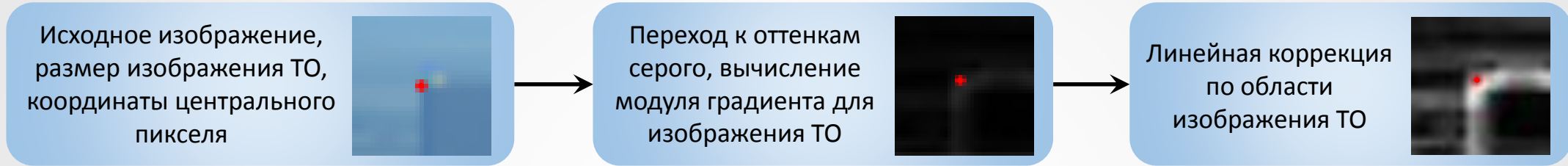


- Структурный подход продиктован несопоставимостью сенсорных и синтезированных изображений чисто по яркости.
- Классические «корреляционно-геометрические» подходы к рассматриваемой задаче совмещения в чистом виде бесперспективны.
- Подходящим представляется класс «структурно-ориентированных» алгоритмов.

Особенности предлагаемого алгоритма совмещения

- ВММ используется также для автоматического извлечения центров заведомо известных топологических особенностей (ТО) на синтезированных изображениях.
- ТО – области изображения с характерными признаками: пересечение дорог, горный пик, изгиб реки, угол здания и т. п.
- Требуется ввод априорной информации в ВММ о точках в пространстве ВММ – центрах особенностей, годных для привязки.
- Универсальность применения не ограничивается: ВММ для ССВ создаются частично вручную на основании реальных измерений и данных космической или аэрофотосъёмки.
- За эталонные области принимаются части синтезированного изображения.
- Уникальность изображения ТО в сравнении с её локальным окружением определяется вручную при предварительной подготовке ВММ.
- Нахождение ТО в области кадра – определяется текущей матрицей проецирования ВММ.
- Расстояние от текущего положения виртуальной камеры в ВММ до ТО не должно превышать заданного. Этот порог определяется разрешающей способностью СУВ.

Производится проецирование центра ТО ВММ на область синтезированного изображения. Квадратные ИТО формируются вокруг центров ТО на кадрах, переведённых в оттенки серого.



Размер ИТО порядка 20×20 пикселей обеспечивает достаточную устойчивость к шуму и устойчивое сравнение ИТО в различных ракурсах, а переход к градиентам монохромного изображения – инвариантность к цветовым и яркостным составляющим.

Поиск соответствующих ТО на сенсорном изображении

- Выделяются области поиска ТО, их центры соответствуют центрам ТО на синтезированном изображении, размеры определяются погрешностями бортовой НС. Для каждой ТО на синтезированном кадре ищут ей соответствующую ТО на сенсорном изображении. Внутри области поиска формируются всевозможные ИТО, вычисляется мера их отклонения от эталонного ИТО:

$$D = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} [L_R(x, y) - L_S(x, y)]^2,$$

где N – линейный размер сопоставляемых ИТО, $L_R(x, y)$ и $L_S(x, y)$ – яркости пикселей сопоставляемых ИТО.

- В локальной области поиска K минимум различия между ИТО должен быть достаточно выраженным, иначе возможно ложное распознавание ТО. Надёжный результат даёт адаптивное условие $\min_K D < 0,25 \max_K D$.

Уточнение параметров виртуальной камеры

- Уточнённые параметры виртуальной камеры $(x, y, z, \psi, \vartheta, \gamma)$ находятся путём минимизации функции невязки $S(x, y, z, \psi, \vartheta, \gamma)$ расстояний между центрами соответствующих ТО:

$$S(x, y, z, \psi, \theta, \gamma) = \sum_{i=1}^N [(Q_i \cdot X - P_i \cdot X)^2 + (Q_i \cdot Y - P_i \cdot Y)^2] + \delta^2,$$

$(Q_i \cdot X, Q_i \cdot Y)$ – координаты центрального пикселя ТО на сенсорном изображении;

$(P_i \cdot X, P_i \cdot Y)$, $P_i = P\{x, y, z, \psi, \theta, \gamma, (X_i, Y_i, Z_i)\}$ – координаты центрального пикселя соответствующей ТО на синтезированном изображении, полученные действием оператора перспективного проецирования P на точку (X_i, Y_i, Z_i) в пространстве ВММ из положения и ориентации виртуальной камеры $(x, y, z, \psi, \vartheta, \gamma)$, N – число точек-центров ТО, $\delta = const \neq 0$ – для «+» определённости функции S .

- $\min\{S(x, y, z, \psi, \vartheta, \gamma)\}$ ищется на компактном множестве

$$K = \{x \pm \delta x, y \pm \delta y, z \pm \delta z, \psi \pm \delta \psi, \theta \pm \delta \theta, \gamma \pm \delta \gamma\},$$

где $\delta x, \delta y, \delta z, \delta \psi, \delta \vartheta, \delta \gamma$ – известные максимальные погрешности бортовой НС. Его можно найти известным методом покоординатного спуска.

- Для сходимости метода покоординатного спуска требуется наличие не менее трёх ТО на изображении, которые в ВММ не лежат на одной прямой ($N \geq 3$). На каждой итерации достаточно получать проекции уже известных центров ТО, чтобы вычислять функцию S .
- По уточнённым параметрам виртуальной камеры синтезируется новое изображение для комплексирования с сенсорным кадром.

Фильтрация уточнённого внешнего ориентирования 9 для стабилизации синтезированного изображения

- В динамике меняется количество и расположение ТО на паре совмещаемых кадров, что может приводить к скачкам деталей комбинированного изображения.
- Для «сглаживания» эффективна одномерная фильтрация по Калману.
- При временной фильтрации параметров виртуальной камеры предполагается их независимость.
- Для оценки положения допускается, что движение в течении n измерений равномерно и прямолинейно:

$$x(t) = b_0 + b_1 t, t = \overline{t_0, t_{n-1}}.$$

- Для углов ориентации – гармонический закон движения в течении m измерений:

$$x(t) = b_0 + b_1 \sin ct + b_2 \cos ct, c = \frac{\pi}{180}, t = \overline{t_0, t_{m-1}}.$$

- Размер скользящего окна фильтра влияет на плавность движения и на временное рассогласование по отношению к истинной траектории.
- Приемлемый результат даёт учёт порядка 50 кадров ($n = 50$) предыдущих измерений ориентации и порядка 100 кадров ($m = 100$) измерений положения.

Вычислительная сложность предлагаемого метода совмещения 10

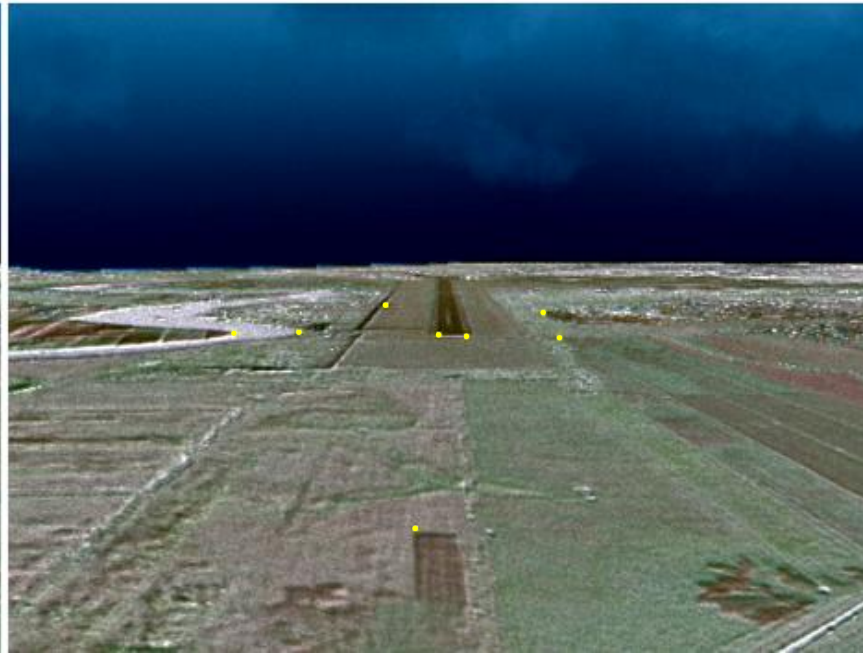
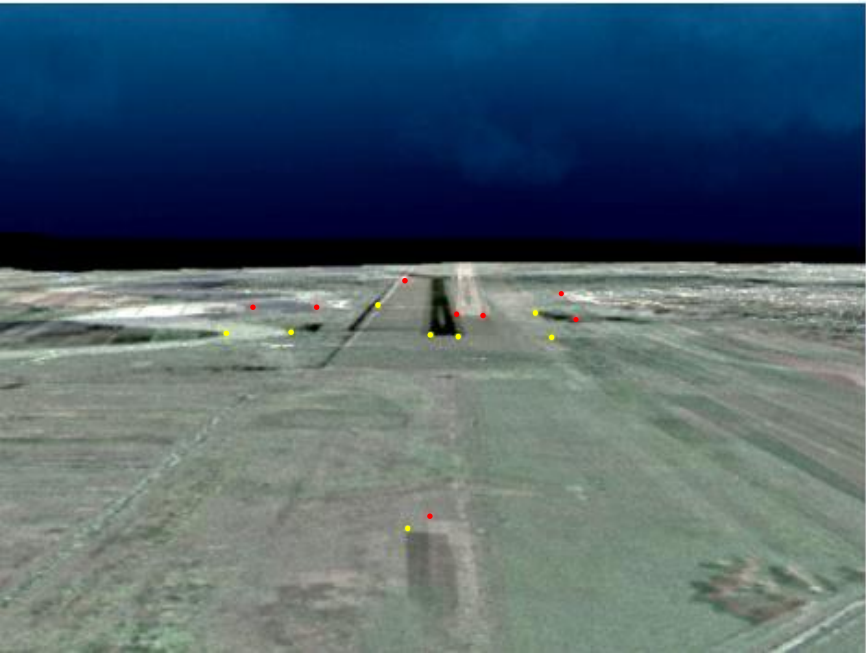
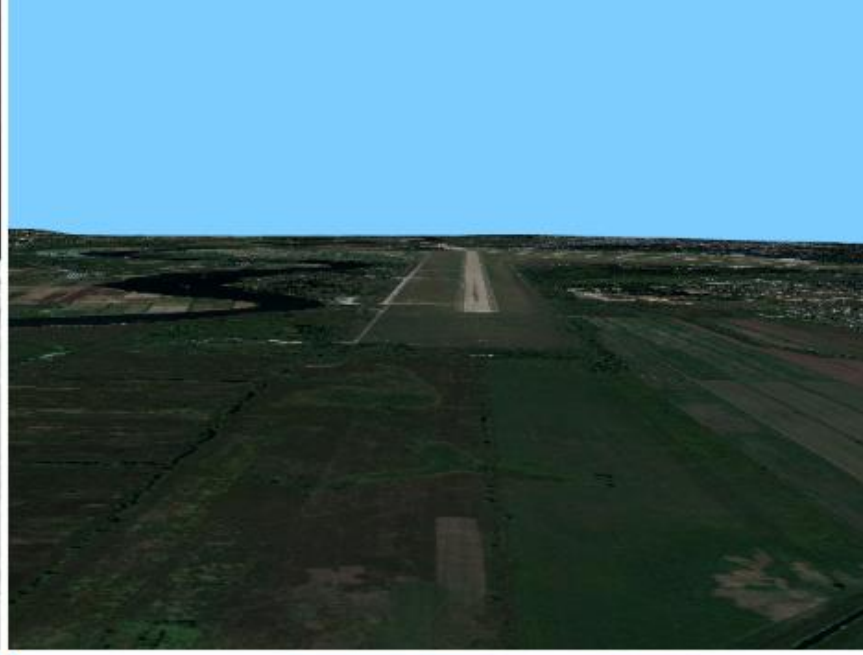
- Наиболее трудоёмкий этап алгоритма – поиск ТО на сенсорном изображении. Его трудоёмкость оценивается в $\underline{O}(Na^2W^2)$ операций умножения и сложения, где N - текущее число ТО на синтезированном изображении, a^2 – размер ТО, W^2 – размер областей поиска ТО на сенсорном изображении.
- Для качественного совмещения целесообразно иметь от 3 до 10 ТО ($3 \leq N \leq 10$).
- Сложность остальных этапов пренебрежимо мала, поэтому вычислительная сложность также оценивается как $\underline{O}(Na^2W^2)$.
- Совмещение и комплексование выполняется со скоростью 6 – 7 кадров в секунду без использования ресурсов видеокарты и распараллеливания на процессоре Intel Core i7-4770 с тактовой частотой 3,4 ГГц ($N = 10, a = 21, W = 61$), что говорит о возможности её реализации в реальном масштабе времени (25 кадров в секунду).

Компьютерное моделирование системы комбинированного видения

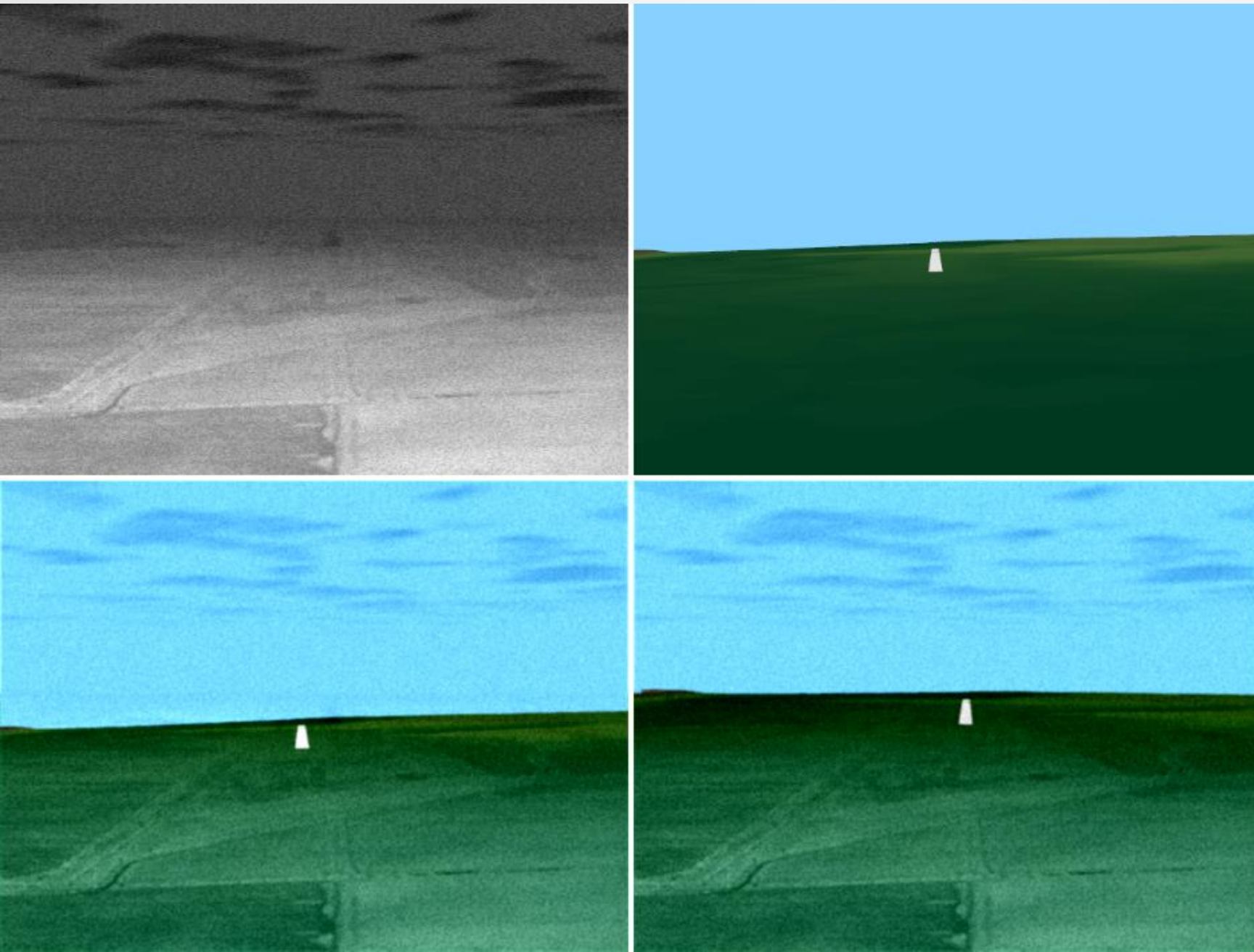
- Функционал СКВ реализован в оконном приложении на языке C# с применением библиотеки OpenTK.
- Реализация включает в себя моделирование бортовых СУВ, НС и ССВ.
- Для формирования изображений от СУВ используется модель формирования изображений в ТпВ диапазоне (8-14 мкм).
- Ошибки НС нормально распределены с нулевыми мат. ожиданиями со среднеквадратическими отклонениями, равными 1° по углам ориентации, 10 м в плане и 20 м по высоте, как в бытовых НС.
- Ошибки при составлении ВММ предполагаются нулевыми (достоверная ВММ), поэтому сенсорные и синтезированные изображения формируются по одной и той же модели с использованием реальных фототекстур.
- Размеры кадров 640 × 480 пикселей с полями зрения $40^\circ \times 30^\circ$ соответствуют разрешению современных видеокамер ИК диапазона.
- Частоты обновления изображений составляют 25 Гц, координат положения – 10 Гц и данных об ориентации – 100 Гц. Они соответствуют частотам выдачи данных реальными видеокамерами и НС.

Структура испытательного аппаратно-программного стенда СКВ летательного аппарата





Результат работы с
текстурированной ВММ
при заходе на посадку
при метеорологической
дальности видимости
(МДВ) > 10 км

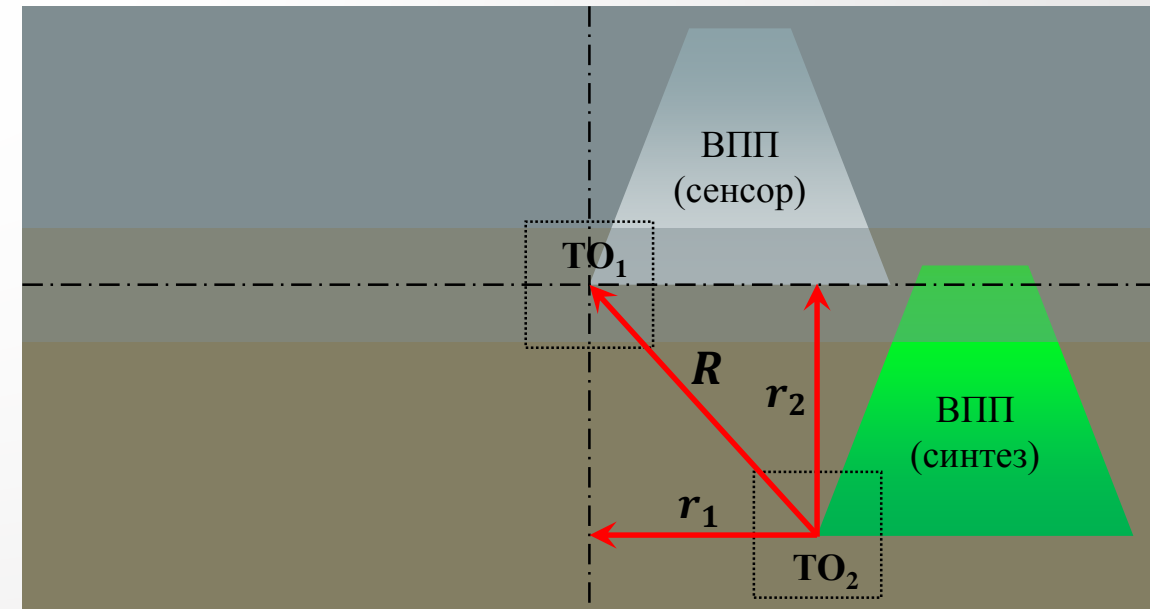


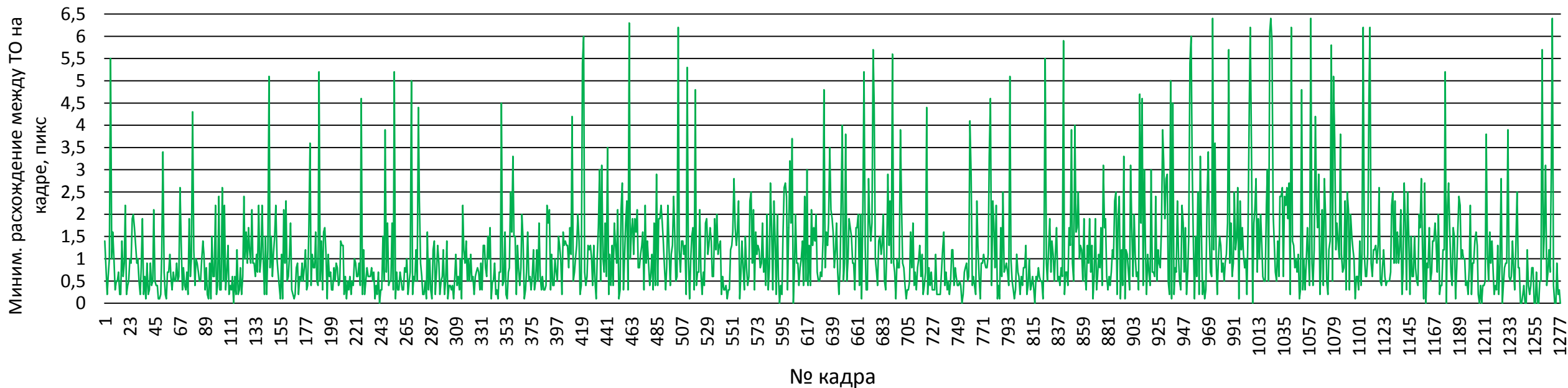
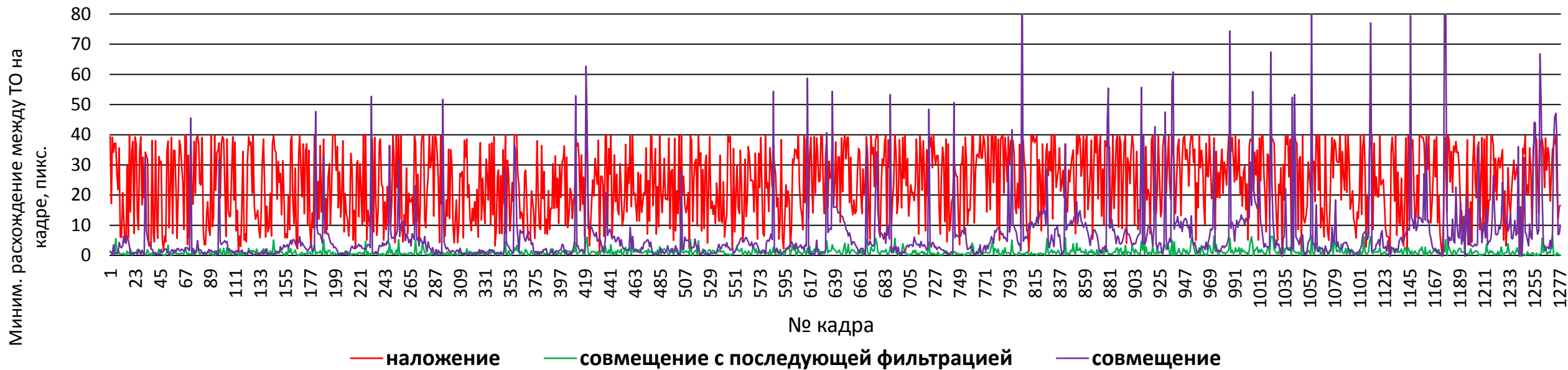
- ВММ без текстур с закраской рельефа по высоте во время захода на посадку при МДВ < 3 км.
- На синтезированном изображении отсутствуют ТО, которые могли бы быть распознаны на сенсорном.
- Уточнение положения и ориентации производится только с применением фильтрации показаний НС.

- Совмещение изображений характеризуется мерой отклонения между соответствующими деталями и его устойчивостью во время работы.
- Для оценки используются минимальные требования, которые определяются Р-315: «величина отклонения в направлении расчётного взгляда пилота не должна превышать 5 мрад (5 мрад $\cong 0,286^\circ$) как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости».
- Для изображений 640 × 480 пикселей с полями зрения 40° × 30° допустимая величина расхождения R между соответствующими деталями по горизонтали r_1 и вертикали r_2 не должна превышать 4,576 пикселя в геометрическом центре изображения.

Для указанных параметров СУВ и ССВ, оценка точности совмещения должна удовлетворять условию:

$$R = \sqrt{r_1^2 + r_2^2} \leq 4,576\sqrt{2} \cong 6,5 \text{ пикселей}$$





Концепция количественной оценки информативности

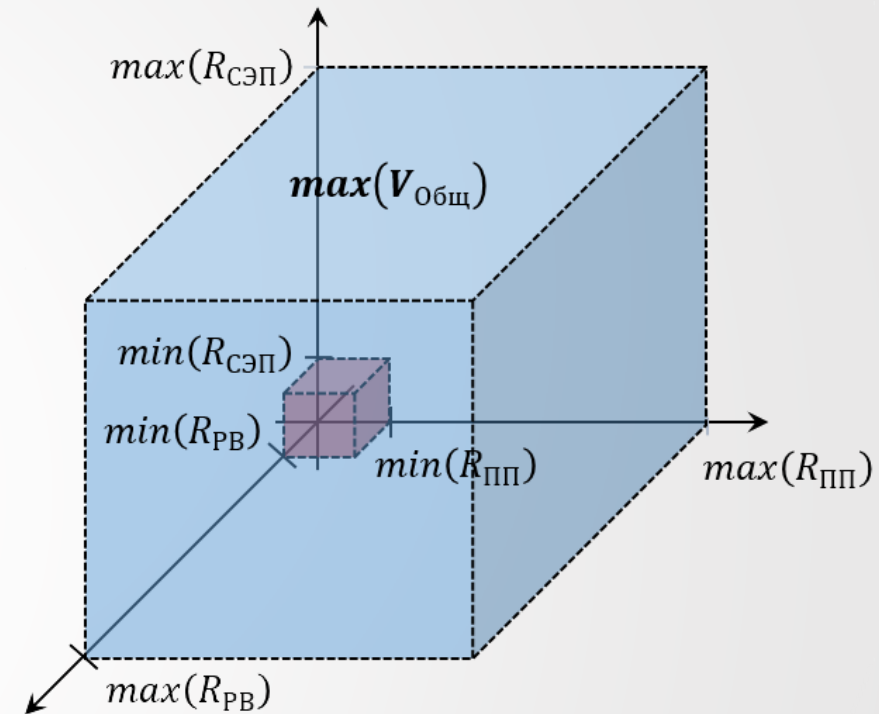
Общее количество воспринимаемой информации $V_{\text{Общ}}$ уместно оценивать как

$$V_{\text{Общ}} = \begin{cases} R_{\text{ПП}} R_{\text{СЭП}} R_{\text{РВ}}, & \text{если } R_{\text{СЭП}} > 0 \text{ и } R_{\text{РВ}} > 0, \\ -|R_{\text{ПП}} R_{\text{СЭП}} R_{\text{РВ}}|, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$R_{\text{ПП}}$ – пространственные признаки, преобладают на синтезированных изображениях, характеризуются мерой числа различных деталей, всегда ≥ 0 ;

$R_{\text{СЭП}}$ – спектрально-энергетические признаки, преобладают на сенсорных изображениях, определяют контрасты изображения и его палитру (например, тепловые контрасты на ТпВ-изображениях);

$R_{\text{РВ}}$ – реалистичность восприятия комбинированного изображения, как мера сохранения распределений яркости исходной информации.



Геометрически $V_{\text{Общ}}$ выражает объём совокупной воспринимаемой информации на комбинированном изображении. Знак объёма за счёт значений $R_{\text{СЭП}}$ и $R_{\text{РВ}}$ означает истинность или ложность её восприятия по отношению к исходной информации.

Общий критерий: комбинированное изображение должно иметь высокую детальность от синтезированных изображений, спектральные контрасты от сенсорных и при этом сохранять общее распределение яркостей по отношению к его составляющим.

Оценка базисных информационных признаков комбинированного изображения

- Относительная детальность $R_{\text{пп}}$ комбинированного изображения I_C характеризуется совокупным наличием различимых границ объектов – модулей градиентов ∂I_C по сравнению с его составляющими $\partial I_1, \partial I_2$ и зависит от функции различимости деталей:

$$\delta(x, y) = \begin{cases} 1, & \frac{\partial I_C}{\max(\partial I_1, \partial I_2)} > T_0 \text{ и } \max(\partial I_1, \partial I_2) > 0, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

С шагом в 0,05 установлено, что при $T_0 = 0,25$ функция различимости деталей согласуется с субъективным восприятием уровня детальности наилучшим образом.

- Для оценки спектрального контраста комбинированного изображения K_C по отношению к сенсорному контрасту $K_{\text{сенс}}$, по этим изображениям проходят центральным скользящим окном и находят области с самой высокой и самой низкой энергетикой (яркостью), где вычисляют усреднённые её значения:

$$R_{\text{СЭП}} = \begin{cases} \frac{K_C}{K_{\text{сенс}}}, & \left| \frac{K_C}{K_{\text{сенс}}} \right| < 1, \\ 1, & \text{иначе,} \end{cases}$$

Размер окна 21×21 пикселей подобран так, чтобы контрасты были достаточно локальными, а шумы, помехи и ложные контура не вносили существенного вклада. Усиление на комбинированном изображении исходных относительных контрастов не добавляет новой информации, поэтому $|R_{\text{СЭП}}| < 1$

- Реалистичность восприятия $R_{\text{рв}}$ можно определить как произведение коэффициентов корреляции $\rho(I_1, I_C)$ и $\rho(I_2, I_C)$ яркости пикселей комбинированного изображения I_C с его составляющими I_1 и I_2 .

Свойства предлагаемой метрики оценки информативности

- Согласно оценкам базисных информационных признаков, $|V_{\text{общ}}| \leq 1$.
- $V_{\text{общ}} < 0$ можно трактовать как мнимый объём или как ложную (искажённую) информацию.
- $V_{\text{общ}} = 1$ – теоретический предел, полное сохранение различительной информации на комбинированном изображении от его составляющих.
- $V_{\text{общ}} = 0$ – полная потеря хотя бы одного из базисных информационных признаков при комплексировании.
- Методы комплексирования, для которых $V_{\text{общ}} \leq 0$, следует считать неудачными и в дальнейшем исключать из рассмотрения.

Если в исходном алгоритме комбинированное изображение I_K определяется по формуле:

$$I_K = \frac{\sigma_1 I_1 + \sigma_2 I_2}{\sigma_1 + \sigma_2},$$

где $\sigma_{1,2}(x, y) = \max_{x,y} \sigma(x, y)$ - макс. СКО для входных изображений $I_{1,2}(x, y)$ в скользящем окне фиксированного размера,

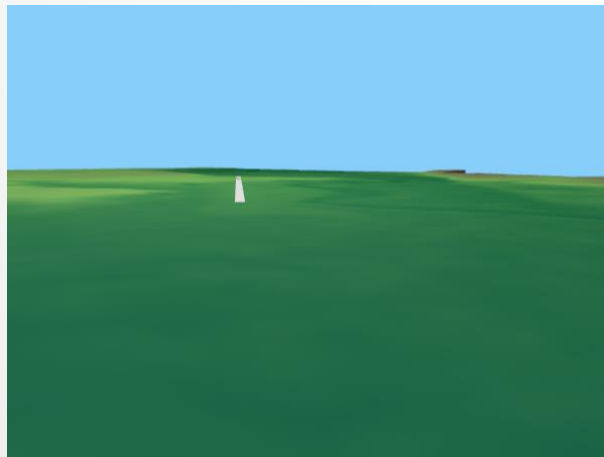
то в модифицированном методе она имеет вид:

$$I'_K = \frac{\sigma_2 I_1 + \sigma_1 I_2}{\sigma_1 + \sigma_2}.$$

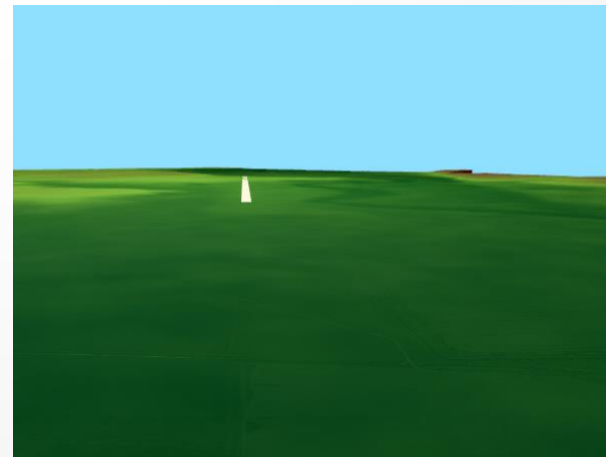
Вес каждой составляющей I'_K в модификации зависит от степени детальности и силы контрастов другой составляющей. Только в этом случае полезная информация из информационных каналов $I_m, m = 1, 2$ не будет «забита» на результирующем изображении.



Сенсорное изображение



Синтезированное изображение



Исходный метод



Модификация

Трёхмерный фильтр нижних частот

- Комбинированное изображение рассматривается как трёхмерная функция:

$$I(x, y, \lambda), \quad x = 1, 2, \dots, M, \quad y = 1, 2, \dots, N, \quad \lambda = \lambda_1, \lambda_2,$$

где x, y – элементы дискретизации пространства изображений размера $M \times N$,

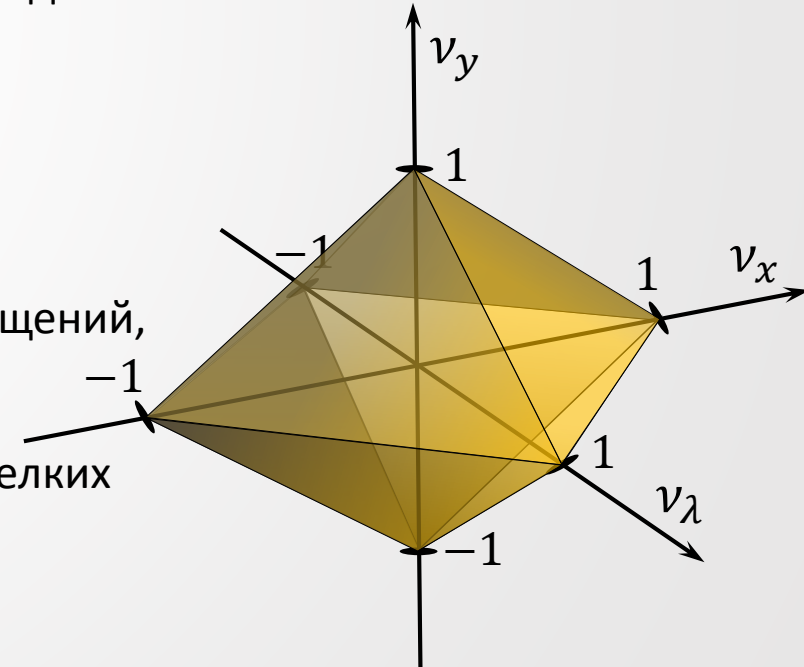
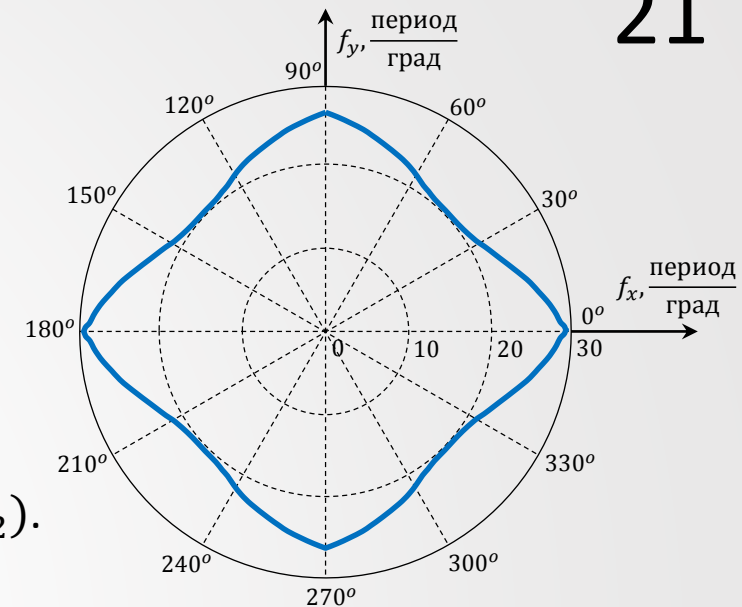
λ – элементы дискретизации пространства источников их формирования.

- Источники формирования: видеокамера (СУВ) (λ_1) и бортовой компьютер (ССВ) (λ_2).
- Представление $I(x, y, \lambda)$ сводит задачу синтеза комбинированного изображения к синтезу трёхмерного интерполирующего цифрового фильтра нижних частот I порядка (3D ФНЧ).
- Область пропускания в пространстве нормированных частот изображения представляет собой октаэдр.

Преимущества:

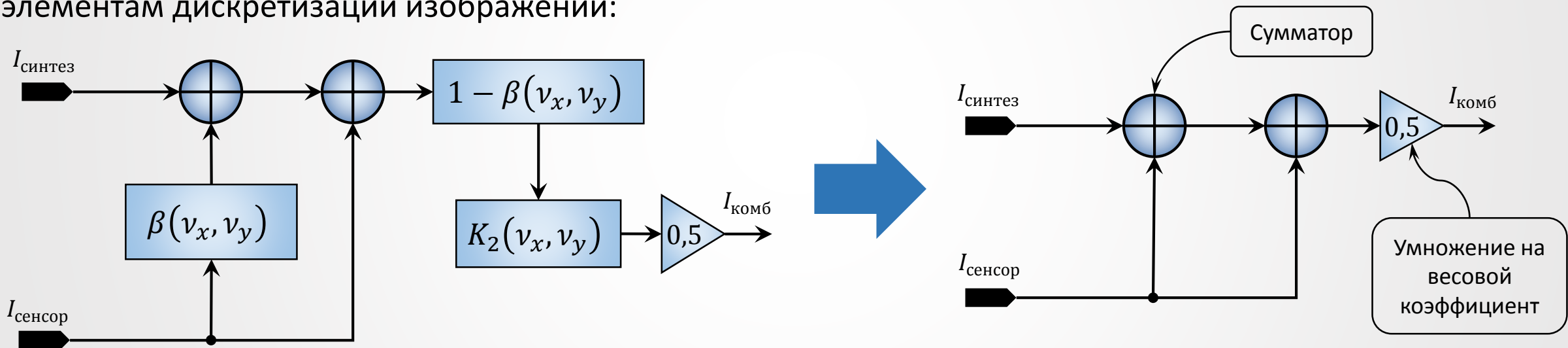
- Разработан на основе теории оптимальной дискретизации многомерных сообщений,
- Согласован с восприятием изображений зрительной системой человека.

Недостаток: неидеальность области пропускания фильтра даёт слабое размытие мелких деталей комбинированного изображения.



Взвешенное усреднение – модификация 3D ФНЧ для СКВ

- Синтезированное изображение по определению не содержит помех дискретизации и шумов.
- Изображение от СУВ, как правило, проходит предварительную обработку (эффективно через 3D ФНЧ) и не нуждается в фильтрации.
- Поэтому в исходном методе не будем ограничивать область пропускания трёхмерного сигнала по элементам дискретизации изображений:



$$\beta(v_x, v_y) \sim B_1 = \begin{bmatrix} -0,109 & -0,156 & -0,109 \\ -0,156 & 0,531 & -0,156 \\ -0,109 & -0,156 & -0,109 \end{bmatrix}, 1 - \beta(v_x, v_y) \sim B_2 = \begin{bmatrix} 0,109 & 0,156 & 0,109 \\ 0,156 & 0,469 & 0,156 \\ 0,109 & 0,156 & 0,109 \end{bmatrix}, K_2(v_x, v_y) \sim K = \begin{bmatrix} -0,03125 & 0,125 & -0,03125 \\ 0,125 & 0,625 & 0,125 \\ -0,03125 & 0,125 & -0,03125 \end{bmatrix}.$$

- В терминах представления $I(x, y, \lambda)$ модифицированный метод записывается следующим образом:

$$I(x, y, \lambda) = I_{\text{сенсор}}(x, y) + 0,5 * I_{\text{синтез}}(x, y), x = 1, 2, \dots, M, y = 1, 2, \dots, N.$$

Визуальное сравнение 3D ФНЧ и взвешенного усреднения

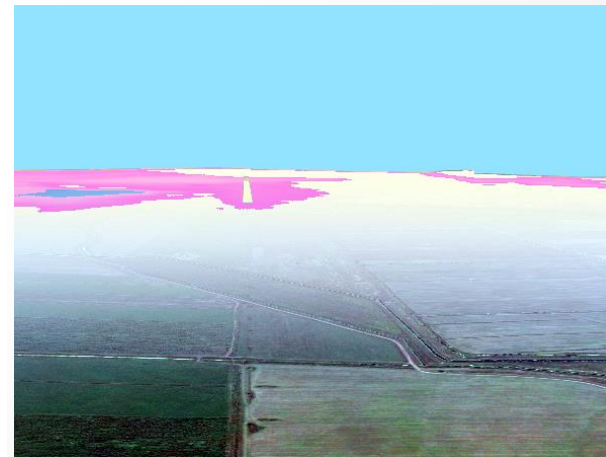
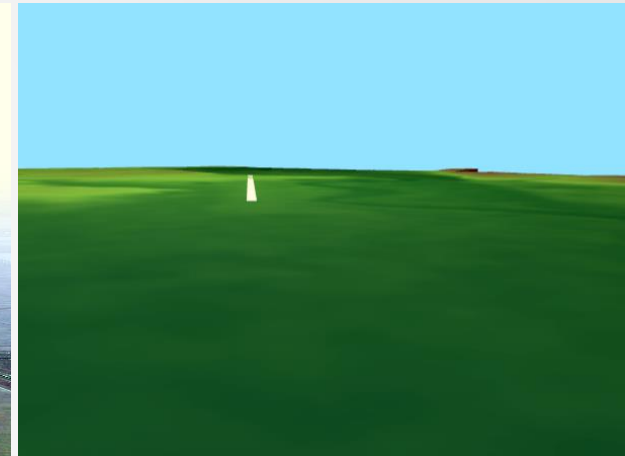
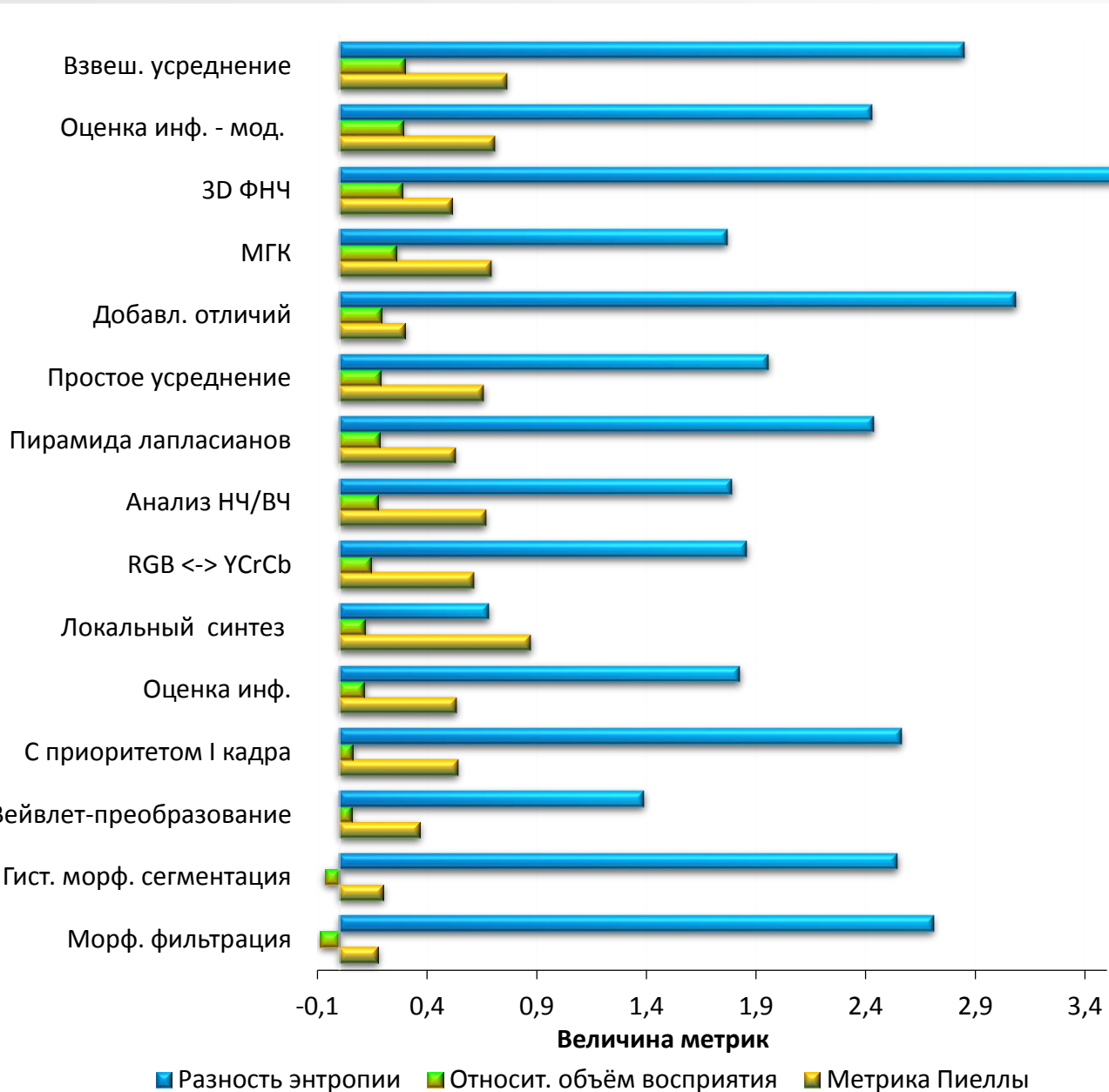


3D ФНЧ



Взвешенное усреднение

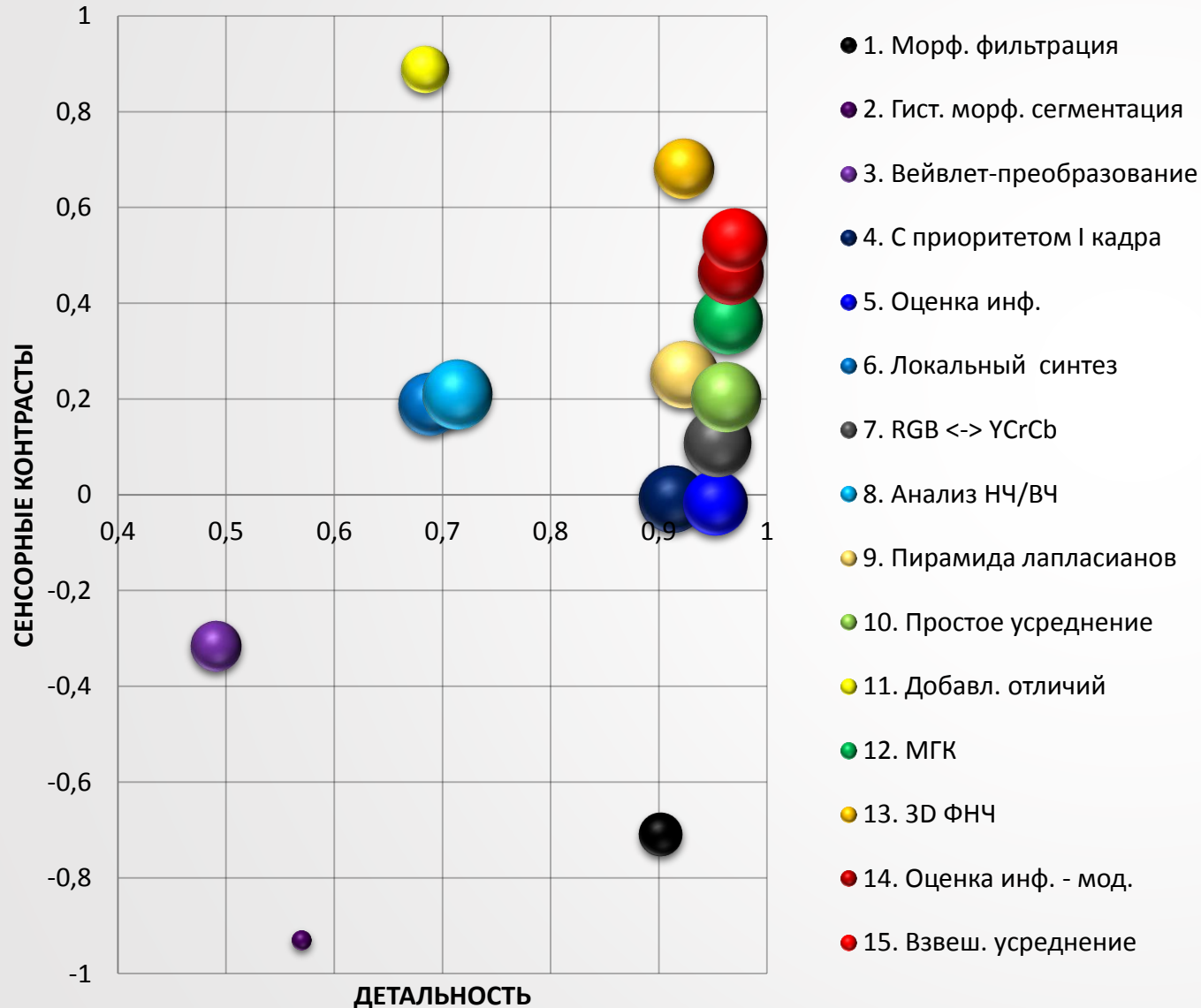
Сравнение методов комплексирования и метрик их оценки



Метод локального синтеза даёт ложные контрасты

Взвешенное усреднение

Сравнение методов комплексирования в плоскости «детальность – сенсорный контраст»



- Предлагаемая трёхмерная метрика позволяет проанализировать характер работы методов комплексирования по каждому из измерений «объёма».
- Диаметр «шариков» характеризует меру реалистичности восприятия R_{PB} изображения.

В представленной работе выполнены исследования и разработка алгоритмов совмещения и комплексирования изображений для авиационных СКВ, в том числе:

- Разработан вычислительно эффективный алгоритм совмещения 2D и 3D информации без её геометрического искажения с сохранением исходных полей зрения, не требовательный к сюжетному содержанию совмещаемых сцен и удовлетворяющий минимальным требованиям авиационных руководств по качеству совмещения.
- Получена количественная оценка качества работы алгоритмов совмещения изображений на основе требований авиационных руководств.
- Разработана количественная оценка эффективности методов комплексирования изображений, согласованная с визуальным восприятием информативности изображений.
- Предложена эффективная модификация известного метода трёхмерной фильтрации «взвешенное усреднение» для комплексирования предварительно обработанных сенсорных и синтезированных изображений.
- Установлен наиболее эффективный метод «взвешенное усреднение», который по визуальному восприятию информативности изображений, так и по предложенной оценке, лучше других рассмотренных методов в среднем сохраняет базисные информационные признаки. К его преимуществам также относятся низкая алгоритмическая сложность и простота реализации.
- Разработано программное обеспечение, моделирующее работу СКВ и позволяющее оценивать количественно эффективность алгоритмов совмещения и комплексирования.

Структура и объём проведённой работы:

Текст диссертации состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Основной текст работы состоит из 113 страниц, включает 52 рисунка и 2 таблицы. Список использованных источников включает 74 наименования.

Внедрение результатов научной работы

Акт о внедрении на предприятии ФГУП «ГосНИИАС»

Патент на изобретение № 2591029

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ»

Россия, 125319, Москва, ул. Викторенко, 7
Тел.: (499) 157-70-47
Факс: (499) 943-86-05

Дата 12 ноября 2015 г. Иск. № 1

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ГНЦ РФ ФГУП «ГосНИИАС»,
инженер РАН, д. т. н., профессор
С. Ю. Желтов
«12» ноября 2015 г.

АКТ
о внедрении результатов диссертационной работы М. А. Бондаренко на тему
«Разработка методов и алгоритмов совмещения 2D и 3D информации для
авиационных систем улучшенного и синтезированного видения»,
выполненной в ГНЦ РФ ФГУП «ГосНИИАС»

Настоящий акт составлен о том, что результаты диссертационной
работы Бондаренко М. А., в частности:

1. алгоритм совмещения изображений местности, полученных с бортовых сенсоров воздушного судна, с искусственно сформированными проекциями по её виртуальной модели (синтезированными изображениями),
2. метод количественной оценки качества совмещения сенсорной и синтезированной видеоинформации,
3. метод оценки информативности комбинированных изображений как меры сохранения трёх основополагающих информационных признаков

составляющих изображений (детальность, спектральные контрасты и реалистичность восприятия),
4. метод взвешенного усреднения для комплексирования сенсорной и синтезированной видеоинформации,
использованы при выполнении НИР шифр «Синтетика» по заказу Минпромторга России.

Практическое значение полученных автором результатов диссертационной работы подтверждается тем, что созданный алгоритмический аппарат и разработанное на его основе специализированное программное обеспечение «Программа имитационного моделирования функционирования авиационной системы комбинированного видения» используется на «Стенде имитационного и полунатурного моделирования бортового и наземного оборудования средств воздушной разведки» (ЮСИЯ.9851-00-000) подразделения 1901 ГНЦ РФ ФГУП «ГосНИИАС».

Кроме того, разработанный алгоритмический аппарат используется в макете авиационной системы комбинированного видения, созданного в рамках НИР шифр «Синтетика».

Начальник подразделения 1901
ГНЦ РФ ФГУП «ГосНИИАС», к. т. н.
Э. Я. Фальков

1

2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
(19) **RU** (11) **2 591 029** (13) **C1**
(51) МКК
G06K 9/54 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21)(22) Заявка: 2015104844/28, 13.02.2015
(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 13.02.2015
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 13.02.2015
(45) Опубликовано: 10.07.2016 Бюл. № 19
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2497175 C1, 27.10.2013. RU 2013126754 A, 20.12.2014. US 2013027555 A1, 31.01.2013. WO 1997004417 A1, 06.02.1997.

Адрес для переписки:
125319, Москва, ул. Викторенко, 7, ФГУП
«ГосНИИАС», патентный отдел

(72) Автор(ы):
Бондаренко Максим Андреевич (RU),
Павлов Юрий Васильевич (RU)
(73) Патентообладатель(и):
Российская Федерация, от имени которой
выступает Министерство промышленности
и торговли Российской Федерации
(Минпромторг России) (RU)

**ПАТЕНТ
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2591029**

**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НА ЛЕТАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ
(ЛА) УЛУЧШЕННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ
ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Патентообладатель(ли): *Российская Федерация, от имени которой
выступает Министерство промышленности и торговли
Российской Федерации (Минпромторг России) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015104844
Приоритет изобретения **13 февраля 2015 г.**
Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации: **17 июня 2016 г.**
Срок действия патента истекает **13 февраля 2035 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности
Г. П. Ивашев

RU 2 5 9 1 0 2 9 C 1

(57) Формула изобретения
1. Способ получения на летательном аппарате (ЛА) улучшенного изображения подстилающей поверхности, основанный на совмещении в бортовом компьютере ЛА сенсорной видеоинформации, полученной с помощью штатной видеокамеры ЛА, и синтезированной видеоинформации, сформированной по априорно заданной пространственной модели местности, введенной в память бортового компьютера, характеризующийся тем, что в память бортового компьютера вводят алгоритм функционирования виртуальной видео камеры, осуществляющий перспективное преобразование виртуальной модели местности на картинную плоскость с параметрами, соответствующими угловым размерам поля зрения и разрешению в эффективных пикселях штатной видеокамеры, а в каждый текущий момент времени в бортовом компьютере ЛА вводят соответствующую сенсорную видеоинформацию и информацию о пространственном положении штатной видеокамеры (широта, долгота, высота, углы ее ориентации), по которой определяют параметры перспективного проецирования местности, затем на основе этих данных по пространственной модели местности формируют соответствующее текущее синтезированное изображение, на котором определяют и отмечают местоположение не менее двух известных топологических особенностей (ТО), заданных в априорно введенной пространственной модели местности, затем на сенсорном изображении находят местоположения ТО, тождественных ТО, отмеченных на синтезированном изображении, после чего сопоставляют положения найденных ТО на сенсорном изображении и соответствующих

1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2015662436

«Программа трёхмерной пространственно-временной фильтрации последовательности видеозображений» («Трёхмерная фильтрация»)

Правообладатель: *Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС») (RU)*


Авторы: *Бондаренко Максим Андреевич (RU), Дрынкин Владимир Николаевич (RU), Царева Татьяна Игоревна (RU)*

Заявка № 2015617754

Дата поступления 25 августа 2015 г.

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 24 ноября 2015 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2016613385

«Программа имитационного моделирования функционирования авиационной системы комбинированного видения» («Система комбинированного зрения»).

Правообладатель: *Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС») (RU)*

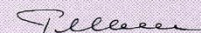
Авторы: *Бондаренко Максим Андреевич (RU), Набоков Сергей Алексеевич (RU), Павлов Юрий Васильевич (RU), Фальков Эдуард Яковлевич (RU)*

Заявка № 2016610497

Дата поступления 26 января 2016 г.

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 25 марта 2016 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2016613386

«Программа оценки эффективности методов комплексирования изображений» («Оценка эффективности комплексирования»).

Правообладатель: *Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС») (RU)*

Авторы: *Бондаренко Максим Андреевич (RU), Дрынкин Владимир Николаевич (RU)*

Заявка № 2016610498

Дата поступления 26 января 2016 г.

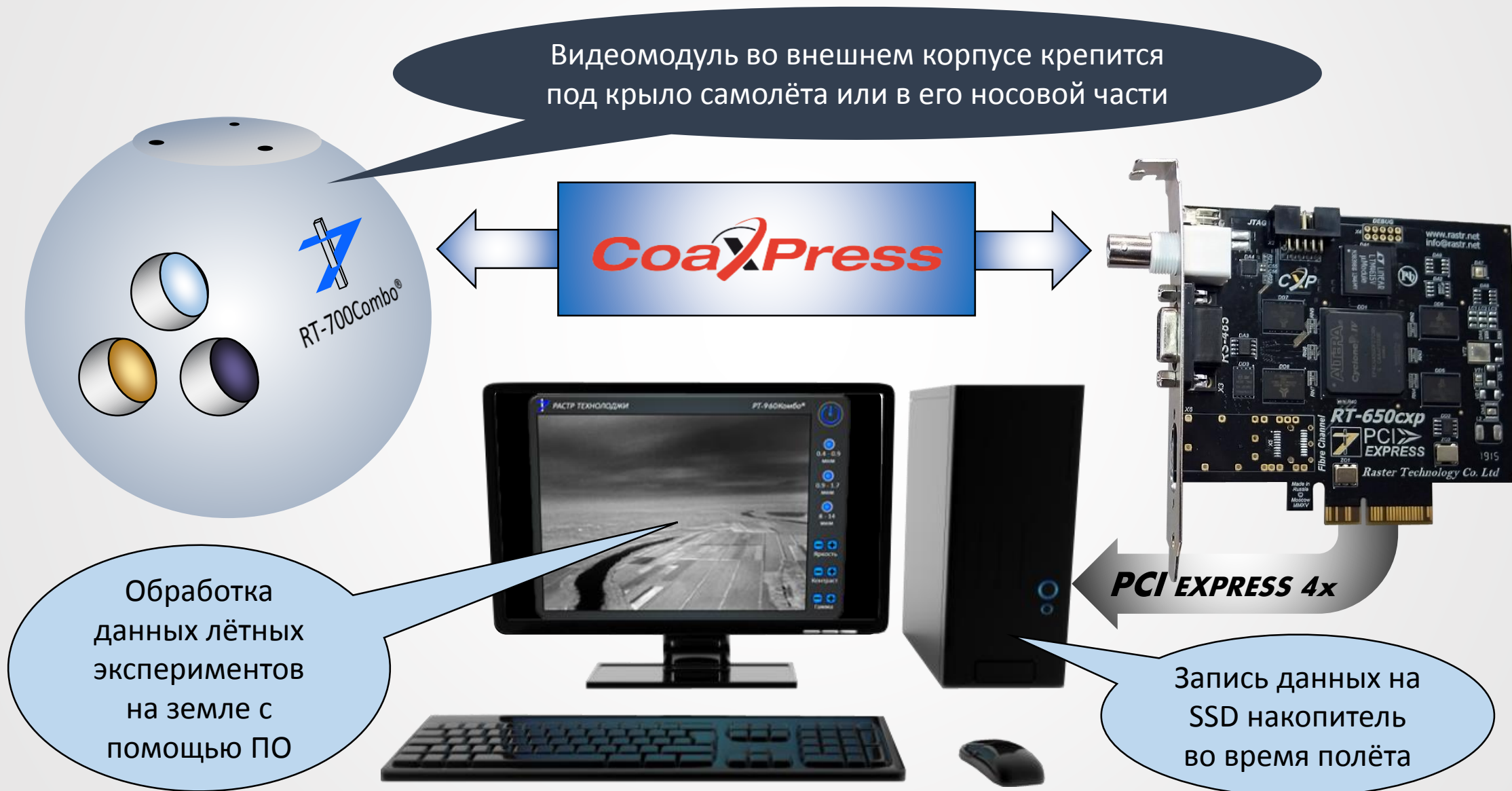
Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 25 марта 2016 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

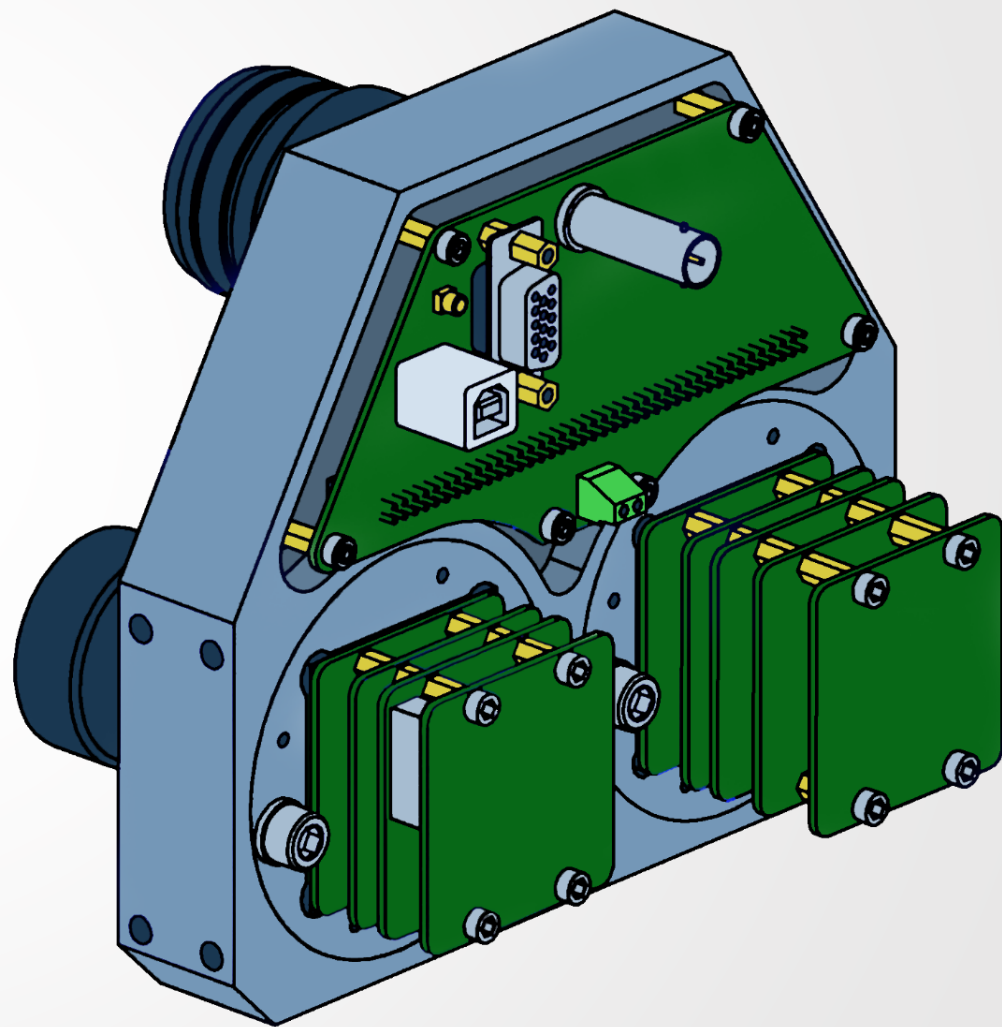
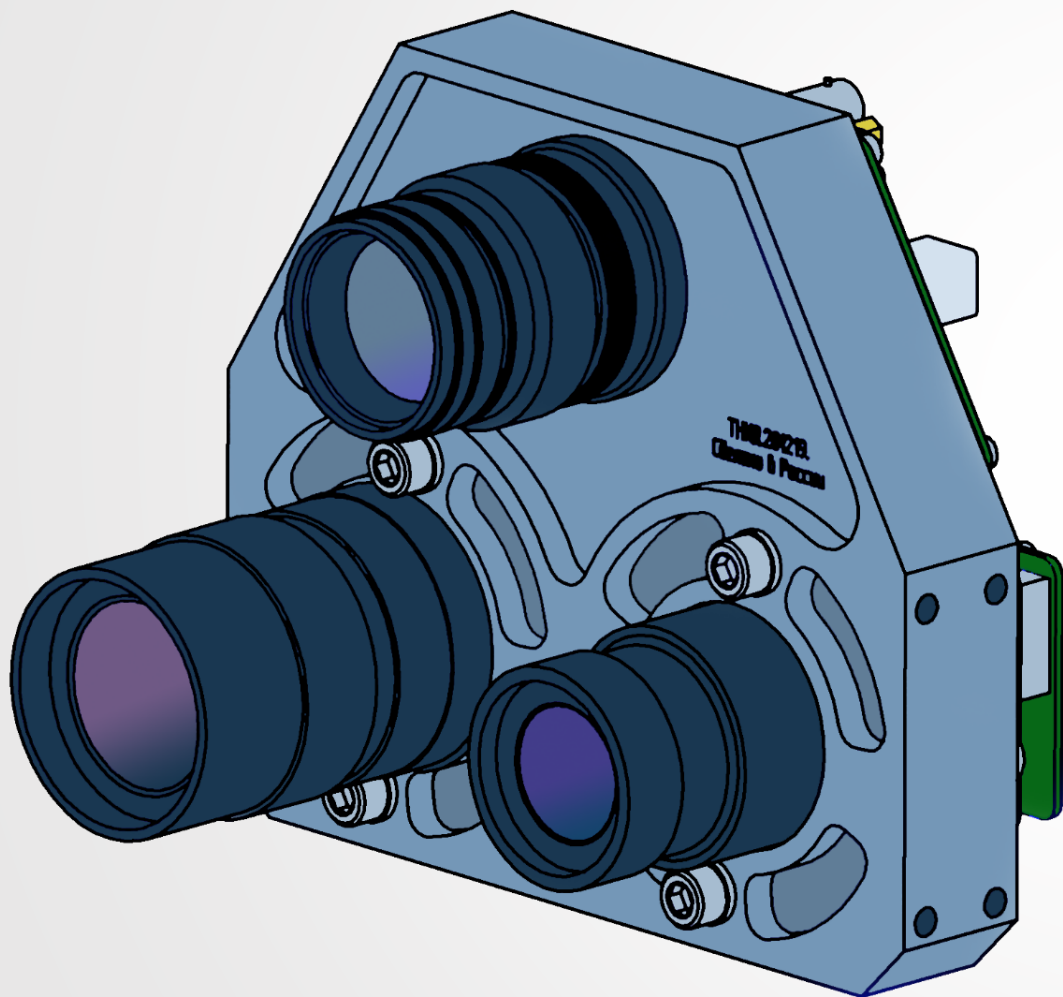
 Г.П. Ивлиев



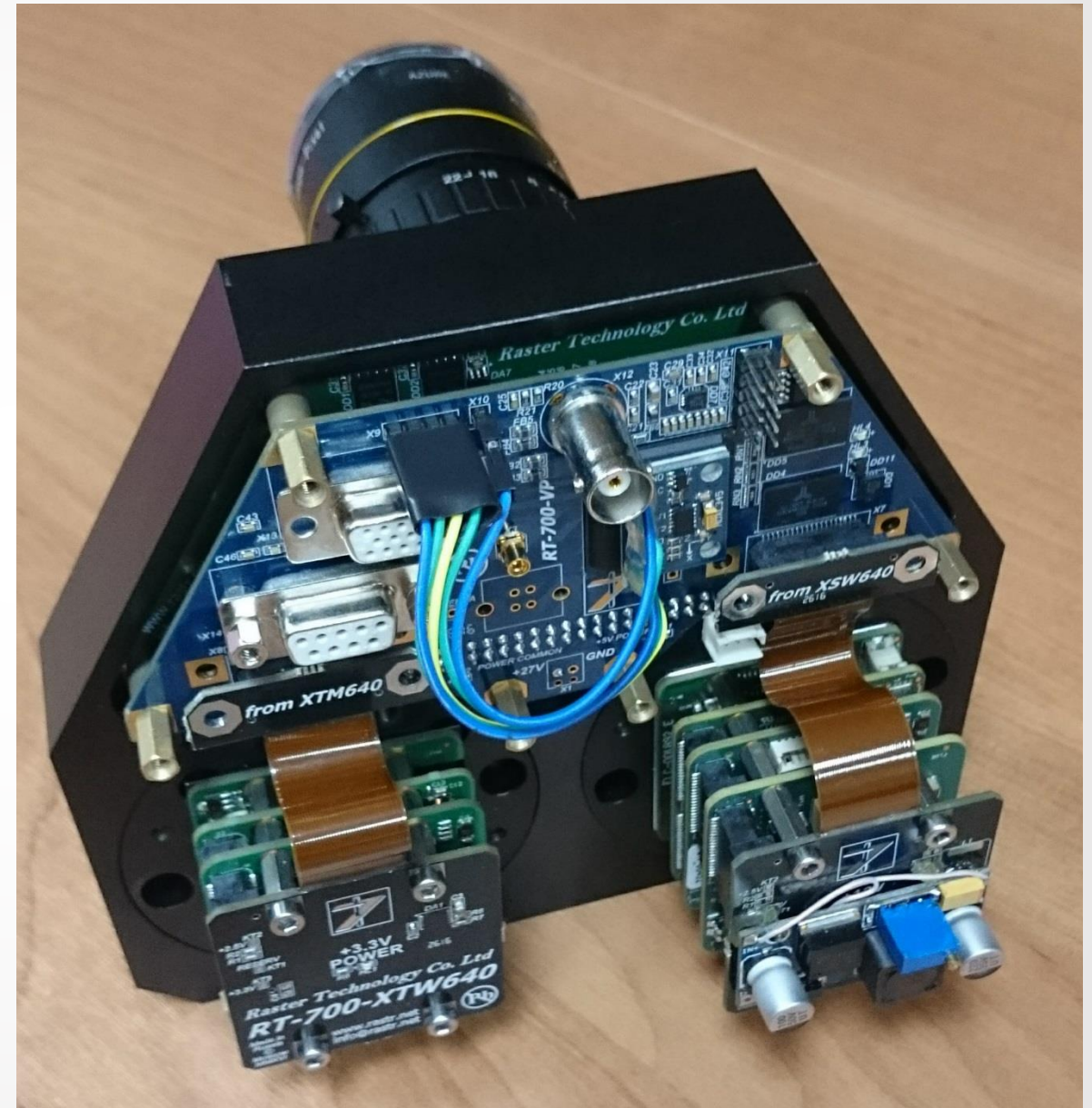
Схема проведения лётных экспериментов для получения реальных входных данных для отработки алгоритмов



Конструктив мультиспектральной системы улучшенного видения (МСУВ) со встроенной навигационной системой



МСУВ – фото изделия без внешнего корпуса



ТВ: 0.4 - 1.0 мкм, 1280x960

ИК: 0.9 - 1.7 мкм, 640x512



ТпВ: 8 - 14 мкм, 640x480



Время: 15.10.2016 18:07:55:0
Широта: 55,7977278°
Долгота: 37,528399°
Высота: 192,7 м
Курс: -34°
Крен: 2°
Тангаж: -5°
Путевой угол: -1°
Путевая скорость: 1 км/ч
Температура СУВ: 22°C

А
С
Ф

+
ЯРК
-

+
КОН
-

В
0

Чтение файла:
Rt700Combo_15-10-2016_18-7-24.bin



0 м 17.240 с

1862,7 МБ



ТВ

ИК

ТпВ

ССВ

ПО для проведения
лётных
экспериментов –
«мультиспектральный
видеорегистратор»

Спасибо за внимание!

