Комплексирование различных моделей повышения разрешения изображений для анализа спутниковых данных

Мурынин Александр Борисович, д. т. н.
Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН
Сотрудник Научно-исследовательского института аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»

Гвоздев Олег Геннадьевич к. т. н.
Сотрудник Научно-исследовательского института аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»

Кожевников Филипп Алексеевич
Студент 6 курса специалитета Факультета Космических Исследований МГУ им. М. В. Ломоносова
Сотрудник Научно-исследовательского института аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»

Адаптивность программного решения

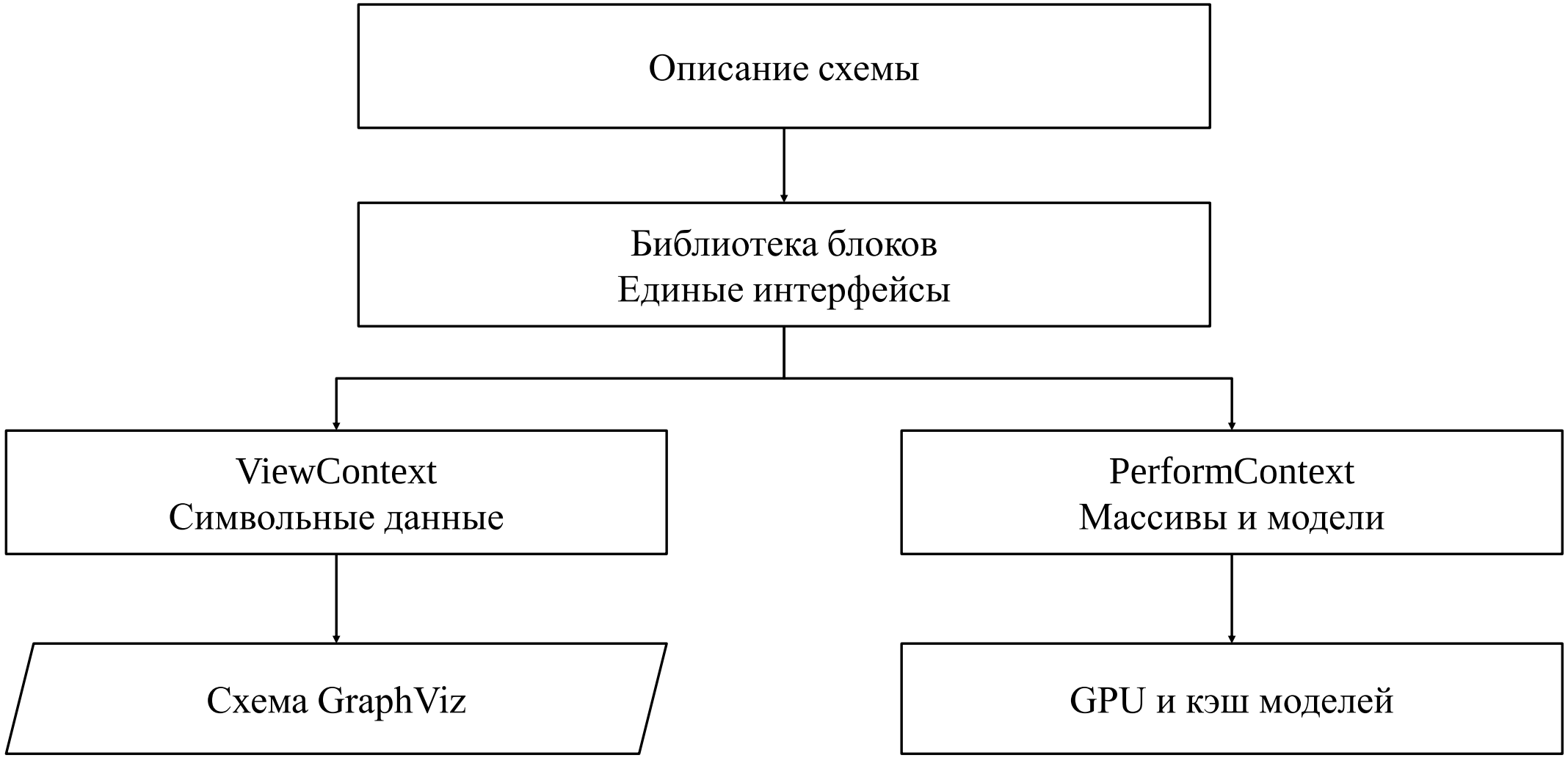
Для объединения различных подходов по задаче сверхразрешения спутниковых снимков возникла необходимость в создании программы, объединяющей несколько подходов и позволяющей проводить расчеты и эксперименты. Важной особенностью является гибкая возможность внесения изменений

Параметризация	Масштаб, размер окна, перекрытие
Изменение структуры	Перестановка ВС и ПЛП
Добавление компонентов	Новый метод с тем же интерфейсом
Производные решения	Сценарий запуска и настольная оболочка

Подход и разработка решений, в том числе описана в работах : О. Г. Гвоздев [А] О. Г. Гвоздев [Б]

В рамках этого подхода была создана программа, объединяющая алгоритмы – «СР-конструктор»

Устройство CP-конструктора



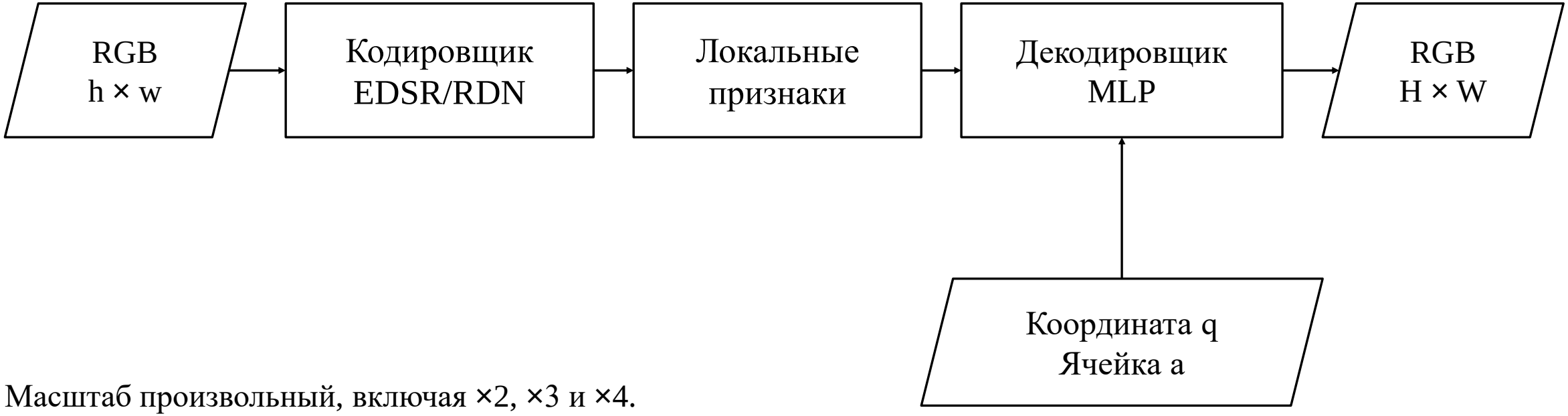
Основные алгоритмические блоки

ВС	**Вероятностное слияние** PAN + RGB одной сетки → RGB
СД	**Смена радиометрического домена** RGB → RGB той же сетки
ОСР	**Одиночное сверхразрешение** RGB 256 × 256 → RGB 768 × 768
ПЛП	**Преобразование локального представления (в латентном пространстве)** RGB + целевая сетка → RGB заданного размера

[1] ВС [2] СД и ОСР [3] ПЛП / LIIF

ПЛП на основе модели LIIF

ИЛП — метод повышения разрешения на основе модели LIIF. Кодировщик извлекает признаки исходного изображения, а декодировщик предсказывает RGB в заданных координатах выходной сетки. Метод поддерживает произвольную кратность увеличения и применяется до или после слияния с панхроматическим изображением. Увеличение числа пикселей не гарантирует восстановления отсутствующих деталей.



Масштаб произвольный, включая ×2, ×3 и ×4.

Chen, Liu, Wang. LIIF, CVPR 2021 [3]

Основные схемы комплексирования

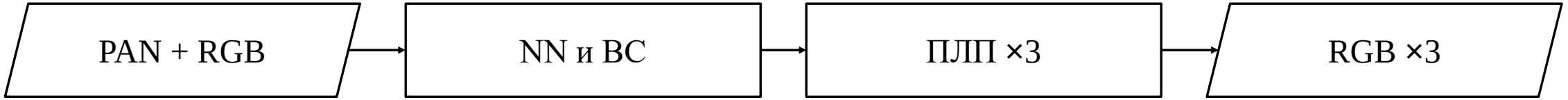
ВС, СД и ОСР



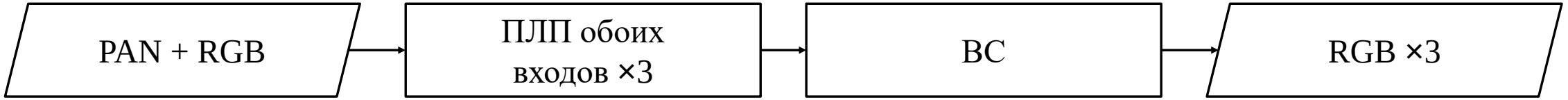
ВС, СД и ПЛП



ПЛП после ВС



ПЛП до ВС



NN: ближайший сосед до сетки PAN. Масштаб ×3 относительно исходного PAN.

Оконная обработка больших сцен



Вход PAN 256 × 256



Контекст 32 пикселя

Перекрытие центров 64 пикселя
Шаг 128 пикселей

Выход ×3: 768 × 768
Полезный центр: 576 × 576

Примеры обработки

RGB низкого разрешения	BC–СД–ОСР	BC–СД–ПЛП ×3
		
		

Предварительное сравнение на тестовой выборке

$BREN_1 \times 10^3$

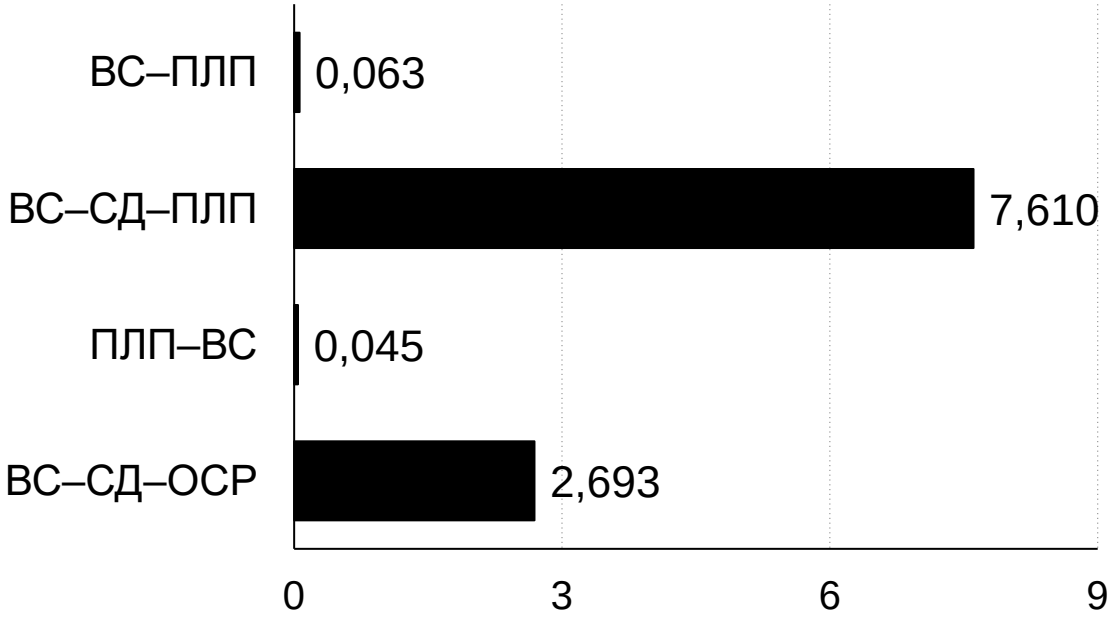


Схема	$Cont_1$	$GLLV_1$
ВС–СД–ОСР	0,1143	0,00619
ПЛП–ВС	0,0266	0,00013
ВС–СД–ПЛП	0,1301	0,00942
ВС–ПЛП	0,0287	0,00026

Более высокие значения трёх показателей у ВС–СД–ПЛП

Выводы и источники

Разработан унифицированный программный конструктор для комплексирования классических и нейросетевых методов повышения разрешения спутниковых изображений. Основой конструктора служит набор алгоритмических блоков с согласованными интерфейсами ввода и вывода. Каждый блок выполняет отдельное преобразование и может использоваться в различных последовательностях обработки. В состав конструктора включены вероятностное слияние, смена радиометрического домена, одиночное сверхразрешение и преобразование локального представления. Предусмотрено добавление новых подходов без изменения внутренней реализации существующих методов. Для подключения нового блока необходимо определить его интерфейс, требования к данным и вычислительную реализацию. Последовательность обработки задаётся отдельно от кода используемых алгоритмов. Это позволяет менять порядок операций и исследовать влияние каждого этапа на результат. Параметризация блоков обеспечивает выбор масштаба увеличения и других настроек обработки. Сохранение геопривязки обеспечивает дальнейшее использование итоговых изображений в геоинформационных системах. Унификация обработки создаёт основу для сопоставления методов на одинаковых территориях и выходных сетках.

Таким образом, конструктор формирует расширяемую основу для исследования новых комбинаций алгоритмов и их интеграции в программные комплексы анализа спутниковых данных.

Методы обработки

[1] Murynin et al. Вероятностный алгоритм слияния, 2018

[2] Murynin, Shved, Kozub. Pixel-Level Domain Adaptation, 2026

[3] Chen, Liu, Wang. Local Implicit Image Function, CVPR 2021

Адаптивность архитектуры

О. Г. Гвоздев. «СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: АДАПТИВНОСТЬ, АДАПТИРУЕМОСТЬ, РАСШИРЯЕМОСТЬ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МАСШТАБИРУЕМОСТЬ»