

ПОЛИМОДЕЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Шульженко Анастасия Дмитриевна

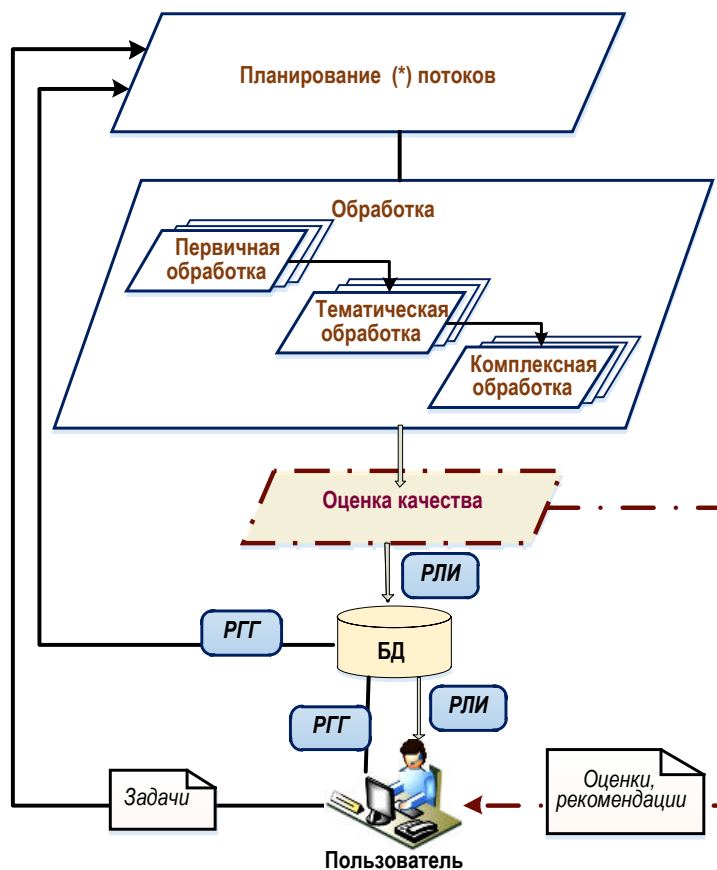
*Начальник лаборатории (исследования перспектив развития средств
обработки радиолокационных данных), Военно-космическая академия имени
А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург*

В общем виде цифровая система обработки (ЦСО) данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) представляет собой сложную вычислительную структуру со специальными алгоритмами. Чаще всего на практике она представляет собой комплекс из нескольких вычислительных средств топологии «звезда».

Построенная по предлагаемому полимодельному принципу система функционирует на основе исполнения алгоритмов на двух уровнях. На верхнем уровне – алгоритма потоковой оптимизации для распределения информационной нагрузки по вычислительным узлам [1]. На нижнем уровне – алгоритмов поэтапной обработки (рисунок 8). Причём предусмотрена возможность подключения дополнительных модулей, как программных, так и аппаратных, при перспективном расширении функционала. За рамками системы остается оценка качества полученного результата, однако, она необходима для принятия решения на основе результирующей информации.

Структура системы представлена взаимодействующими моделями. Их алгоритмическое взаимодействие представлено на рисунке 1, а информационно-управляющая структура – на рисунке 7. Этими моделями являются: модель данных (см. рисунок 2), модель извлечения данных (см. рисунок 3), модель потоковой оптимизации (см. рисунок 4), модель обработки (см. рисунок 5).

Как видно на рисунке 1, ключевой фигурой является оператор (он же клиент, пользователь). Он вводит в базу данные, которые



(*): Статическая модель потоковой оптимизации операций информационного взаимодействия элементов и подсистем ЦСО: учёт технической и технологической структур, формирование потокового плана

Рис. 1. Алгоритмическая взаимосвязь моделей при решении прямой задачи необходимо обработать, и задачи, согласно которым необходимо произвести обработку. Задачи включают необходимые акценты и условия (например, временные рамки). Затем производится решение потоковой оптимизационной задачи (планирование потоков) - распределение информационной нагрузки по узлам вычислительной сети в соответствии с ее архитектурой и технологической структурой и с введенных учетом ограничений. На этом этапе моделируется также выбор моделей нижнего уровня системы, которые необходимо задействовать при данном входе. После этого производится обработка в соответствии с технологическими цепочками, являющимися выходом предыдущего этапа. Далее, производится оценка качества полученного результата и формирование рекомендаций по его использованию, занесение всех полученных данных в базу данных в соответствии с ключом задачи и вывод результата клиенту.

Модель данных ДЗЗ. Данные дистанционного зондирования Земли представляют собой голограмму и служебную информацию. Голограмма – это оцифрованное представление отраженного сигнала. В зависимости от оборудования, на котором она формировалась, может иметь различный формат записи, это накладывает особенности на процесс приема. Сопроводительная информация предоставляется с каждой голограммой.

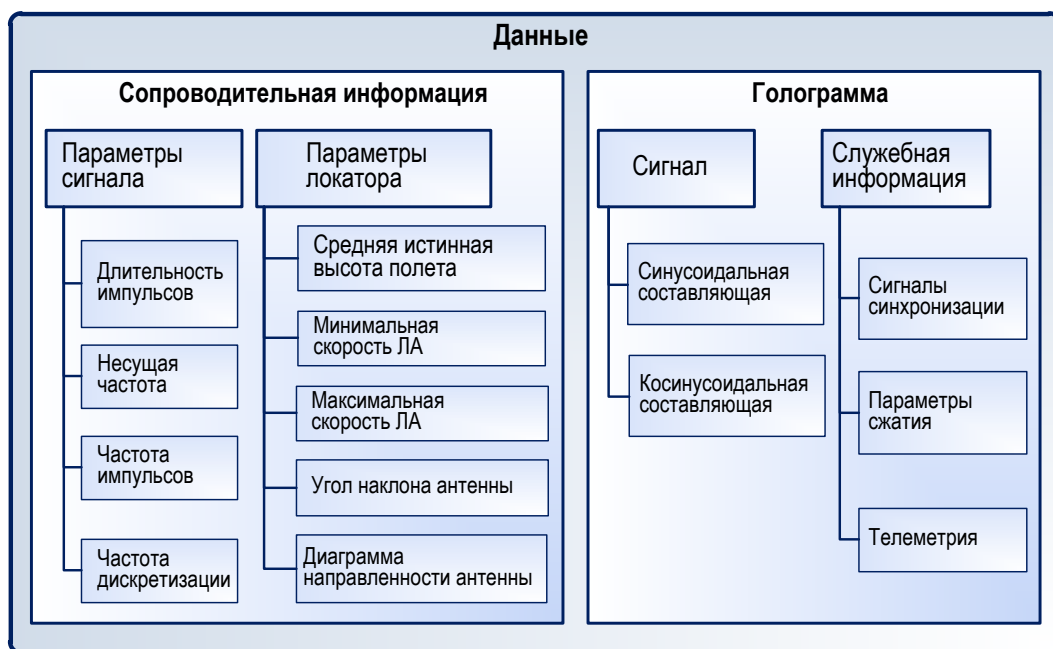


Рисунок 2. Модель данных ДЗЗ с раскрытием атрибутов

На приведенном рисунке 2 показана модель данных с учётом основных особенностей содержания.

Модель извлечения данных. Процесс извлечения связан с переходом от реального представления сигнала к его описанию в требуемом для обработки

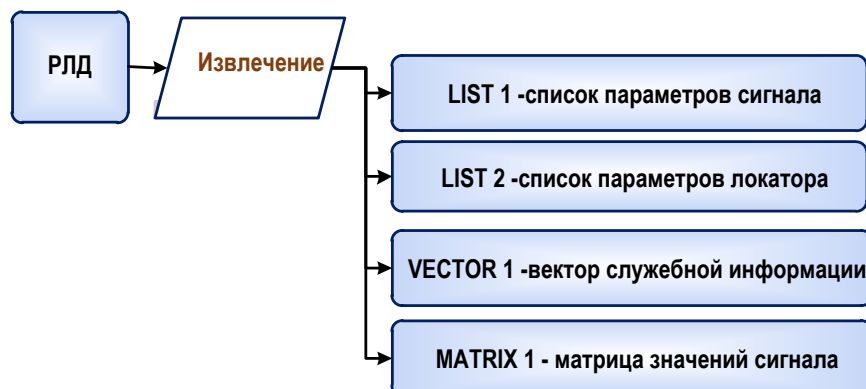


Рисунок 3. Модель извлечения радиолокационных данных (РЛД)

в виде и в виде данных, которые отражают это представление [7].

Извлечение данных является процессом разделения поступающего на вход информационного пакета по смыслу и запись его в математические конструкции, пригодные для выполнения дальнейших математических операций синтеза и обработки. Такими конструкциями являются, например, двумерные матрицы, списки, вектора.

Статическая модель потоковой оптимизации. Представляет собой модель распределения информационных потоков в ЦСОС с учетом ее технической и технологической структуры (см. рисунок 4), оптимальность которой объясняется сведением рассматриваемой задачи к классу задач линейного программирования (поиск решения осуществляется на N-мерном выпуклом многограннике с использованием линейного критерия).

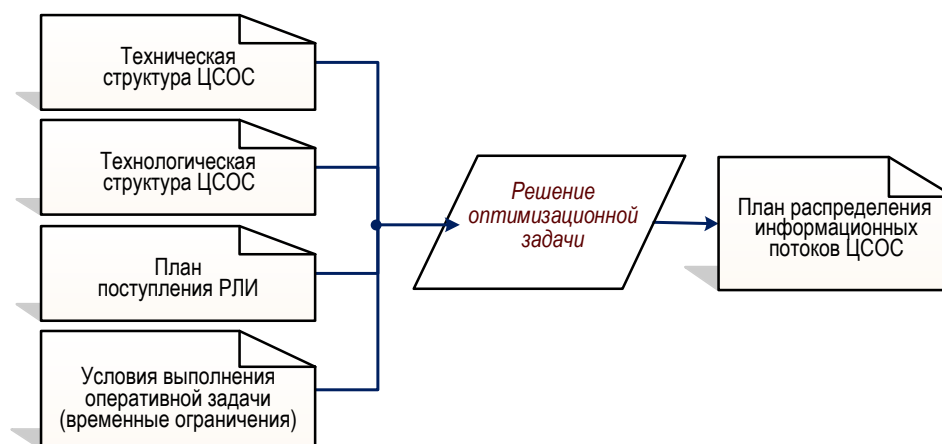


Рисунок 4. Модель потоковой оптимизации информационных потоков

Алгоритм работы модели приведен в [1]. Математически обоснованная оптимальность модели является ключевой предпосылкой для ее использования в качестве «верхнего» уровня полимодельной системы. Однако, модель не лишена ряда недостатков, связанных с невозможностью учета темпоральных ограничений при осуществлении неразрывных во времени операций информационного взаимодействия элементов и подсистем ЦСО данных и следующих из этого временных задержек при поэтапном выполнении цепочек операций. Восполнить указанные недостатки предполагается за счет выверенной интеграции с «нижним» уровнем системы.

Модель процесса обработки. В полном варианте процесс обработки радиолокационных данных, согласно [5], предполагает этапы первичной обработки, тематической и комплексной (подробная модель изображена на рисунке 5).

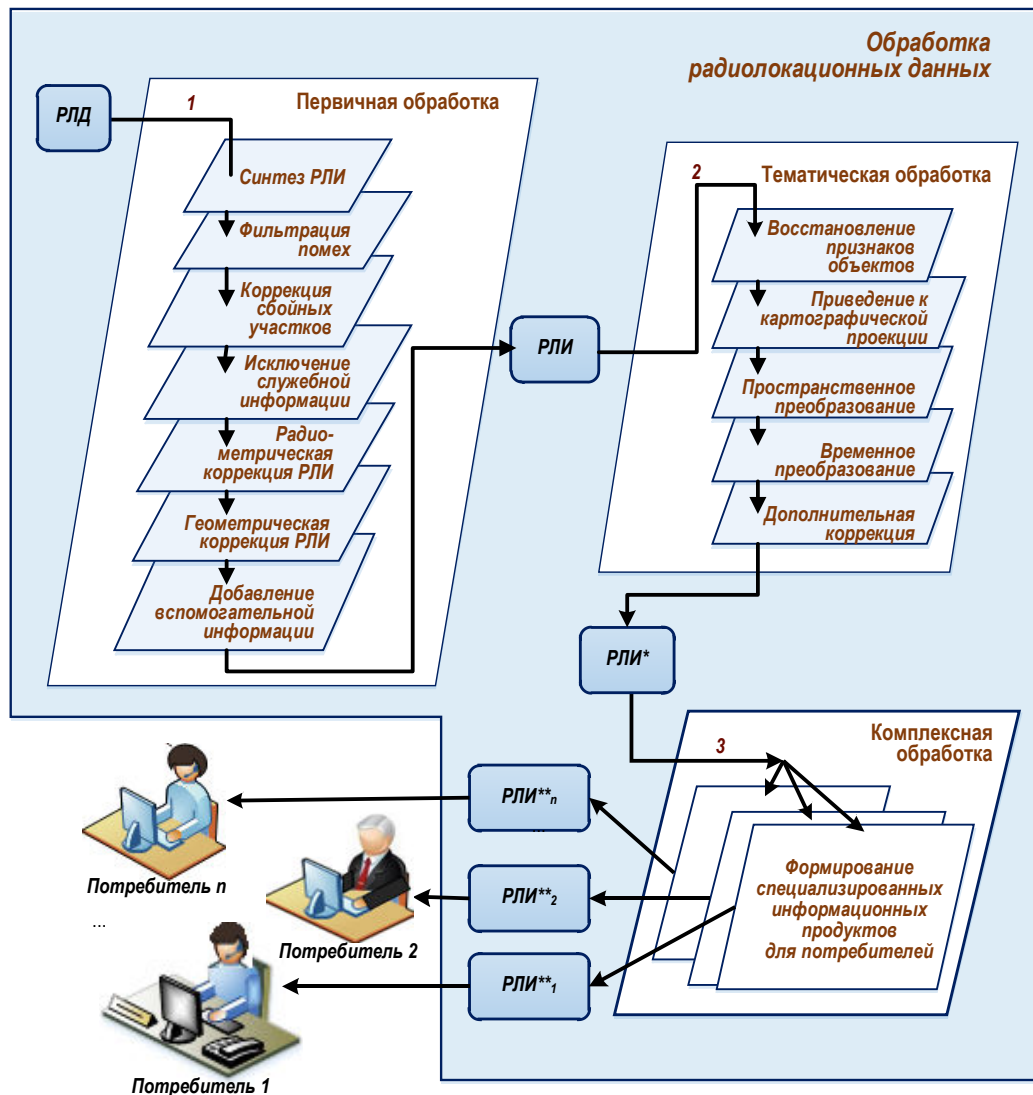


Рисунок 5. Модель процесса обработки радиолокационных данных

Данная модель максимальная, однако, она может исполняться по требованию клиента не полностью – например, требуется только синтезировать изображение, без последующих коррекций, поиска, распознавания.

На рисунке 6 представлена модель функционирования системы в целом. Она объединяет в себе алгоритм разделения входного информационного пакета на независимые части для параллельной обработки; алгоритм регулировки

работы пакетного планировщика; модель планировщика; модель обработки; алгоритм обратной сборки выходного информационного пакета и взаимосвязи между ними.

В рассматриваемом случае правило разделения пакетов определяет ограничения на его минимальный и максимальный размер в зависимости от конфигурации обработчика, применяемого алгоритма обработки и обрабатываемых входных данных. Формирование такого правила позволяет наиболее эффективно использовать графические сопроцессоры, оптимизируя время обработки пакетов на них.

Алгоритм регулировки работы пакетного планировщика подразумевает под собой последовательность передачи пакетов планировщику с учётом двух правил: назначения приоритетов (они могут быть равны, отсутствовать, либо иметь вес, если при обработке пакетов будет важна последовательность) и правила записи в стэк (FIFO, LIFO, random, etc.).

Заполнением стэка завершается подготовка входных данных. После этого вызывается работа верхнего уровня комплекса – в работе названного планировщиком. Им составляется план обработки пришедших данных. Он учитывает данные о конфигурации вычислительной среды, условия выполнения и содержание задачи, выбор моделей обработки, которые будут применены на нижнем уровне, размеры пакетов, последовательность их поступления в обработку, а также временные задержки на узлах. Время передачи между узлами также подлежит учету в соответствии с описанной ранее моделью планировщика.

Далее, в соответствии с построенным планом, пакеты отправляются на второй, нижний уровень системы, в обработку. Такой подход потенциально позволяет минимизировать простои вычислительных ресурсов и сделать их использование максимально эффективным, близким к оптимальному. Принципы построения потокового плана (оптимального) изложены в [1].

После отработки обоих уровней системы проводятся необходимые завершающие действия. Обработка пакетов завершается накоплением их в стэк,

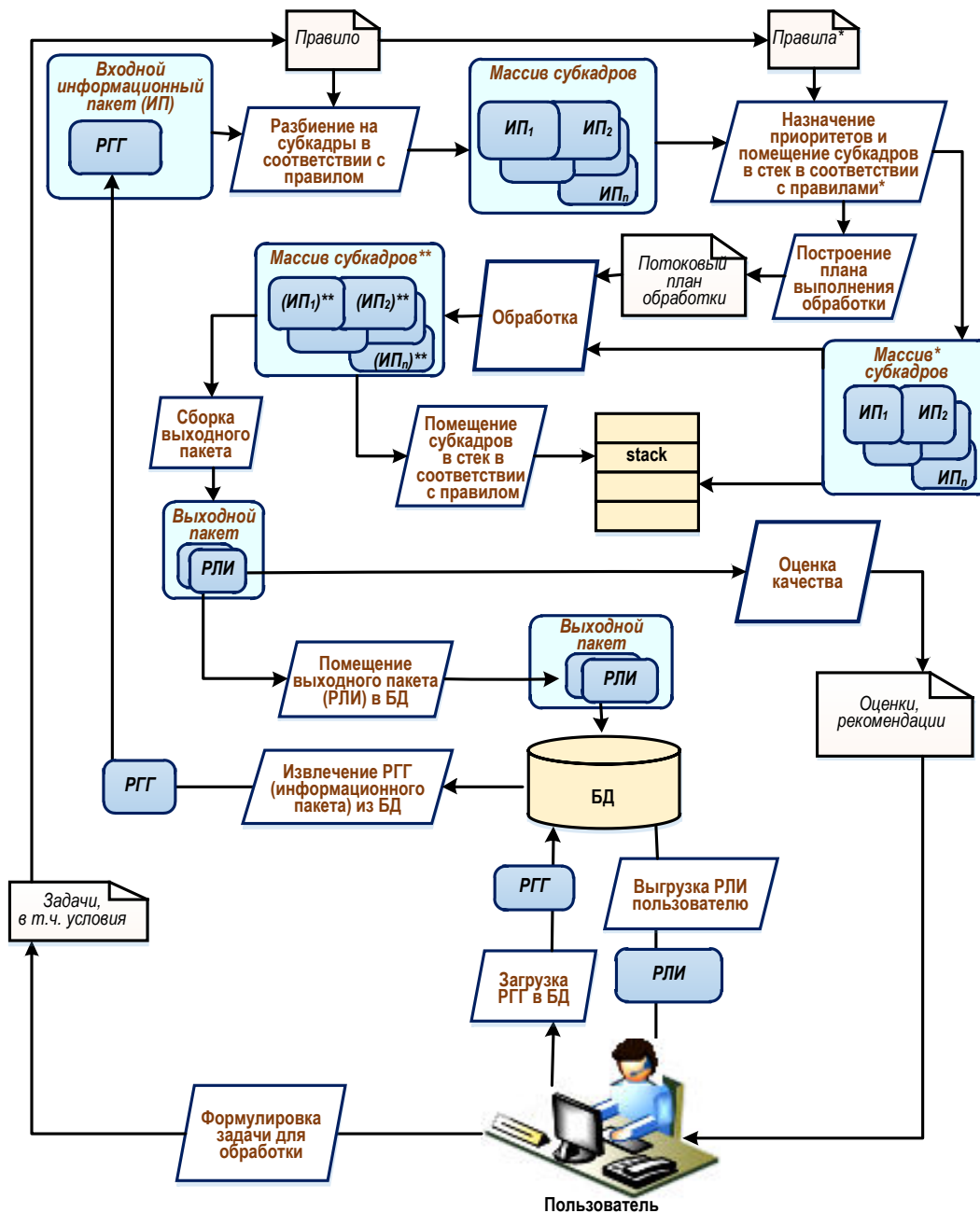


Рисунок 6. Модель функционирования комплекса

требующий выверенной организации его работы. Например, если основным принципом является использование датчика случайных чисел, то каждый субкадр должна сопровождать метка положения в исходном пакете (возможна передача её в виде приоритета) с целью корректной сборки информации воедино. На финальном этапе обрабатывается сборка итогового пакета и выдача заказчику готового изображения. В зависимости от отработки – возможны и сопровождающие тексты.

Высокопроизводительная цифровая система обработки сигналов в рамках предлагаемого полимодельного принципа построения физически представляет собой вычислительную сеть, состоящую из клиентской машины с пользовательским интерфейсом (клиент), рабочих узлов, содержащих аппаратно-программные модули обработки, средств хранения данных (БД); на логическом уровне эти элементы связаны управляющей структурой их взаимодействия – шиной (рисунок 7).

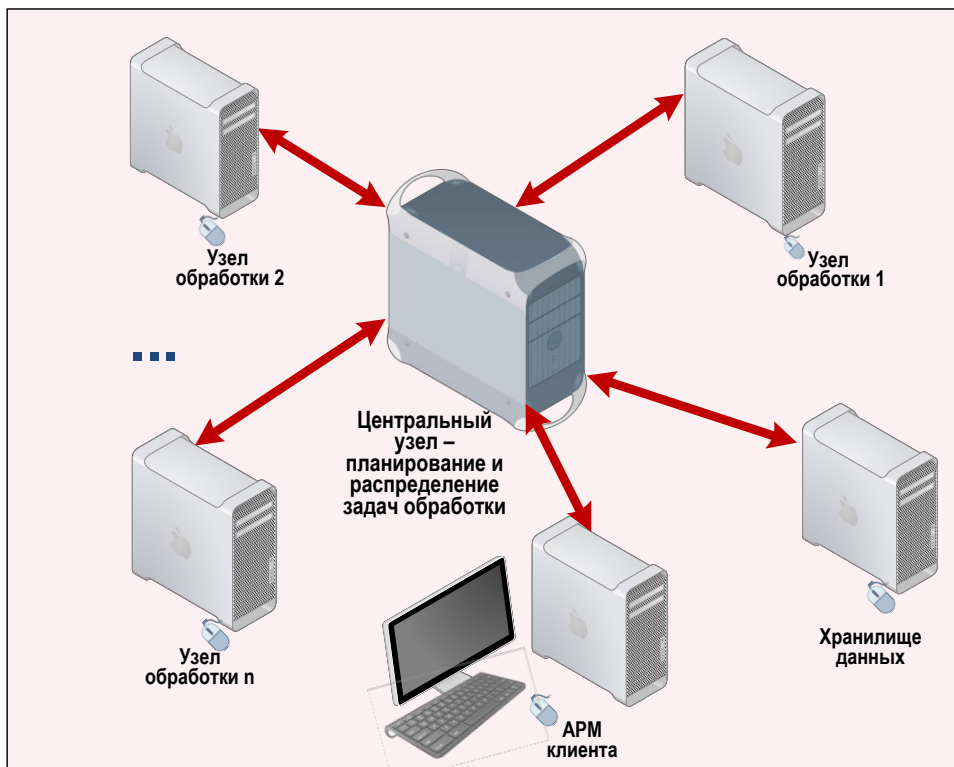


Рисунок 7. Информационно-управляющая структура ЦСОС

Изначально на основе архитектуры вычислительной системы, предоставленной планировщику распределения потоков в формализованном виде, архитектуры программного комплекса и заданных условий (способа и времени обработки, требуемого качества выходного результата) строится оптимальный план выполнения потоков [1]. После этого из базы данных загружается выбранный оператором информационный пакет со служебной информацией, и в соответствии с потоковым планом проходит декомпозицию и отправляется на исполнение по гетерогенным узлам.

Итоговое изображение проходит оценку и выгружается в базу данных, откуда может быть получено пользователем (заказчиком информации).

Для взаимодействия программных модулей предлагается использовать SOAP-обёртку, вследствие чего в комплекс может быть включен модуль, разработанный на любом языке программирования, для любой операционной системы. Модернизация уже используемых программных модулей, в свою очередь, не влияет на интерфейс взаимодействия в рамках комплекса.



Рисунок 8. Регулировка межуровневого и межмодельного взаимодействия

Предлагаемая концепция системы обработки данных ДЗЗ (в виде двухуровневой схемы) является одним из наиболее простых вариантов его полимодельного построения, однако, даже в этом случае не удастся обойтись принципом «черного ящика» и осуществить межмодельное взаимодействие посредством соединения одних лишь входов и выходов. При этом глубинная взаимосвязь «верхнего» и «нижнего» уровней комплекса потенциально

может быть реализована в различной степени сложности, что отражено на рисунке 8.

Полимоделный принцип построения системы цифровой обработки данных позволяет строить вычислительный комплекс большой сложности, управлять его ресурсами; делает возможным наращивание его производительности аппаратными и программными методами, а также позволяет оптимально распределять загрузку имеющихся средств.

Список литературы

1. Павлов Д. А. Модифицированная модель гибкого перераспределения технологических операций информационного взаимодействия / Д. А. Павлов, Д. А. Павлов, Б. В. Москвин, К. Л. Григорьев // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. – Т. 57. № 11. – С. 25-29.

2. Купряшкин И. Ф. Малогабаритные многофункциональные РЛС с непрерывным частотно-модулированным излучением. Монография / И. Ф. Купряшкин, В. П. Лихачёв, Л. Б. Рязанцев // Радиотехника – М. – 2019.

3. Калинин В. Н. Теоретические основы системных исследований. СПб. – 2016. – 293 с.

4. URL:http://www.wave-access.com/public_en/blog/ [Электронный ресурс]
Дата обращения: 10.09.2019.

5. Достовалов М. Ю. Комплекс методов для повышения эффективности обнаружения... : дисс. ... докт. техн. наук, 18.12.2018 г. – М.: НИИТП. – 2018. – 350 с.

6. Соколов Б. В. Концепция проактивного управления сложными техническими объектами и технологии ее реализации / Б. В. Соколов, М. Ю. Охтилев, С. А. Потрясаев, В. А. Зеленцов // Известия вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – Вып. 12. – С.73-75.

7. URL:<http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=858&lang=en>
[Электронный ресурс] Дата обращения: 13.09.2019.