

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА РЕШЕНИЯ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

Б.М. Глинский

Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН

РАБОТА ВЫПОЛНЕНА ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ГРАНТА РФФИ № 19-07-00085
Руководитель: Б.М. Глинский

ОСНОВНЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ

ИВМиМГ СО РАН:

- И.М. Куликов
- А.Ф. Сапетина
- П.А. Титов
- А.В. Снытников

ИСИ СО РАН:

- Ю.А. Загорулько
- Г.Б. Загорулько
- В.К. Шестаков

СОДЕРЖАНИЕ

- **АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ**
- **ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ – ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**
- **ОНТОЛОГИИ - ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ**
- **КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЯ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ**
- **ПРАВИЛА ВЫВОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**
- **ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
АСТРОФИЗИКИ, СЕЙСМИКИ**
- **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

АКТУАЛЬНОСТЬ

- Разработка программ для суперкомпьютеров существенно усложняется с наращиванием параллелизма и использованием гетерогенных архитектур с большой вычислительной мощностью.
- Актуальной задачей становится создание средств интеллектуальной поддержки решения вычислительно сложных задач как на современных, так и будущих суперкомпьютерах. Создание своего рода «моста» между пользователем и средствами решения задачи.
- За рубежом проводятся работы по созданию ресурсов, основанных на онтологических описаниях в различных областях науки (физика [Cvjetkovic, 2017], геология [Xiaogang, 2011], биология [Cook, 2013], астрофизика [Sarro, 2003; Louge, 2015] и др.
- Авторы данной работы предлагают использовать систему интеллектуальной поддержки с использованием онтологий для решения вычислительно сложных задач математического моделирования.

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ, НАЗНАЧЕНИЕ

Экспертные системы — это направление исследований в области искусственного интеллекта по созданию вычислительных систем, умеющих принимать решения, схожие с решениями экспертов в заданной предметной области.

Экспертные системы создаются для решения практических задач в некоторых узкоспециализированных областях, где большую роль играют **знания «бывалых» специалистов.**

Экспертное знание – это сочетание теоретического понимания проблемы и практических навыков ее решения, эффективность которых доказана в результате практической деятельности экспертов в данной области.

Первую экспертную систему, которую назвали Dendral, разработали в Стэнфорде в конце 1960-х г.г. Эта была экспертная система, определяющая строение органических молекул по химическим формулам и спектрографическим данным о химических связях в молекулах. Принципы и идеи, заложенные в Dendral оказались настолько эффективными, что они до сих пор применяются в химических и фармацевтических лабораториях по всему миру.

Области применения экспертных систем: метеорология; геология; промышленность; инженерное дело; сельское хозяйство; информатика; управление процессами; компьютерные системы; физика; космическая техника; химия; математика; электроника; медицина; юриспруденция. А также в таких критичных областях, как управление воздушным и железнодорожным движением, системами оружия и в ядерной промышленности.

К экспертным системам предъявляются следующие требования:

- 1) Использование знаний, связанных с конкретной предметной областью;
- 2) Приобретение знаний от эксперта;
- 3) Способность решать реальные и достаточно сложные задачи;
- 4) Наделение системы способностями эксперта.

Экспертные системы неспособны к самообучению в отличие от нейронных сетей.

Нейронные сети требуют большой выборки для самообучения.

Экспертные системы – не требуют большой выборки (выборку заменяет эвристические знания эксперта, его опыт).

ОНТОЛОГИЯ - ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ

- **Онтологии (система понятий и связывающих их отношений)** являются основой баз знаний в сложных областях, требующих систематизации. Их использование облегчает создание общедоступных отторгаемых баз знаний и применение методов искусственного интеллекта благодаря большому набору находящихся в свободном доступе редакторов для создания онтологий и машин вывода (решателей), осуществляющих в них логический вывод.
- Рассмотренные выше онтологии могут быть описаны на **языке OWL (Web Ontology Language)** [Antoniou, G., Harmelen, F. 2004], который включает в себя описание классов и их свойств, а также экземпляры классов (индивидов), составляющих наполнение базы знаний конкретными методами, алгоритмами, программными компонентами и элементами параллельных архитектур.
- Логический вывод в OWL-онтологиях осуществляется на основе аксиом, заданных в онтологии, **а также правил, определенных экспертами**, средствами одной из **машин вывода (Pellet, FaCT++, HermiT)**.
- Для построения онтологий и задания аксиом используется **редактор онтологий Protégé 5.2** с подключенными к нему машинами вывода [Protégé 5.2, 2018]. Экспертные правила формулируются на языке SWRL, поддержка которого встроена в редактор Protege.
- За рубежом обсуждаются и создаются ресурсы, основанные на онтологических описаниях в различных областях науки (физика [Cvjetkovic, 2017], геология [Xiaogang, 2011], биология [Cook, 2013], астрофизика [Sarro, 2003; Louge, 2015] и др.). существуют три web-ресурса по астрофизике [ESPAS, 2019], по геномике [SemGen, 2019], по геологии и геофизике [Awesome geoscience semantics, 2019].

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ

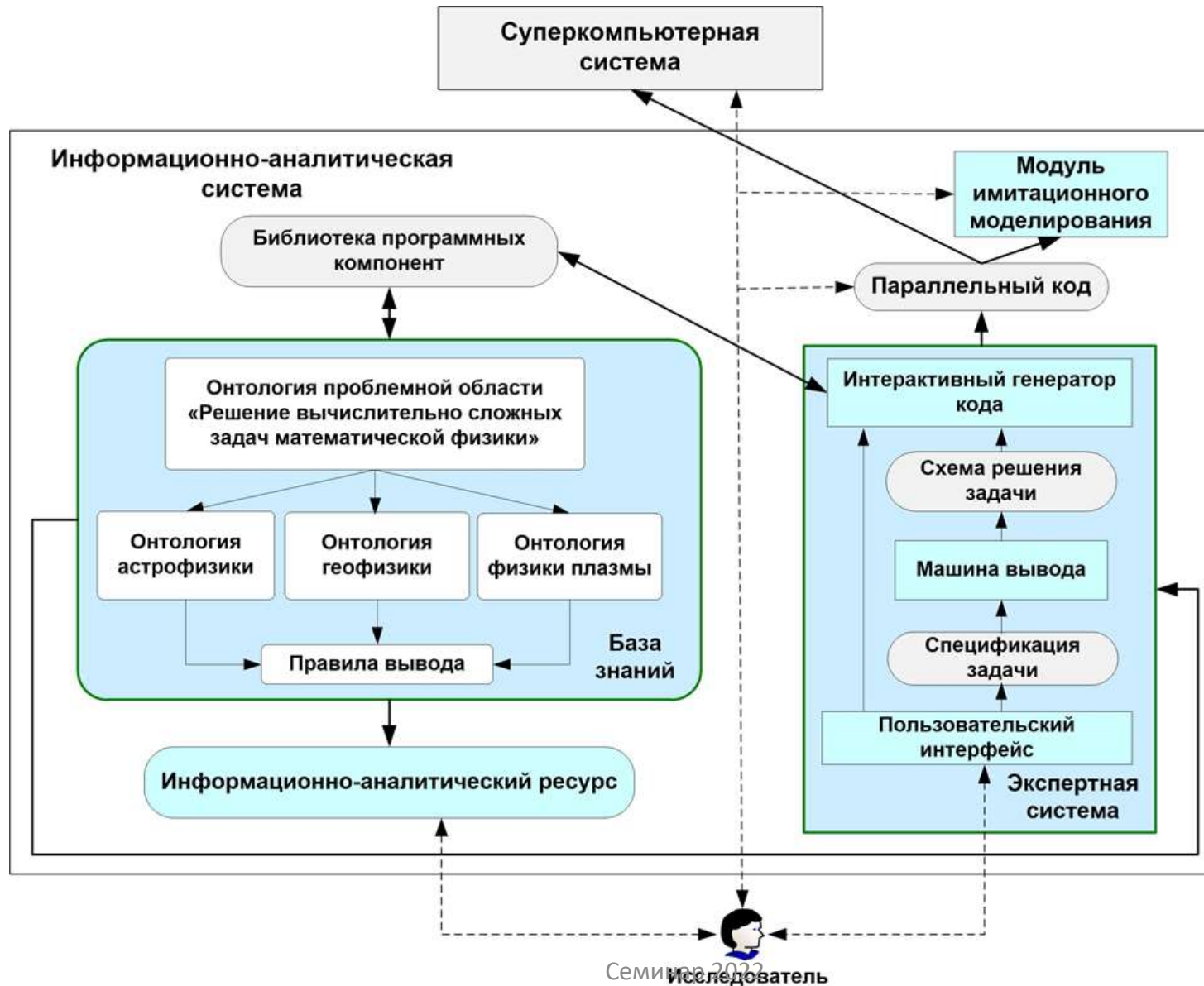
Концептуальным базисом комплексной поддержки служит онтология проблемной области «Решение вычислительно сложных задач математической физики на суперкомпьютерах», дополненная предметными онтологиями.

Средством информационной поддержки является созданный на основе онтологии информационно-аналитический интернет-ресурс.

Средством компонентной поддержки служит библиотека программных компонентов (кодов).

Средством методической поддержки служит схема решения задачи.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ



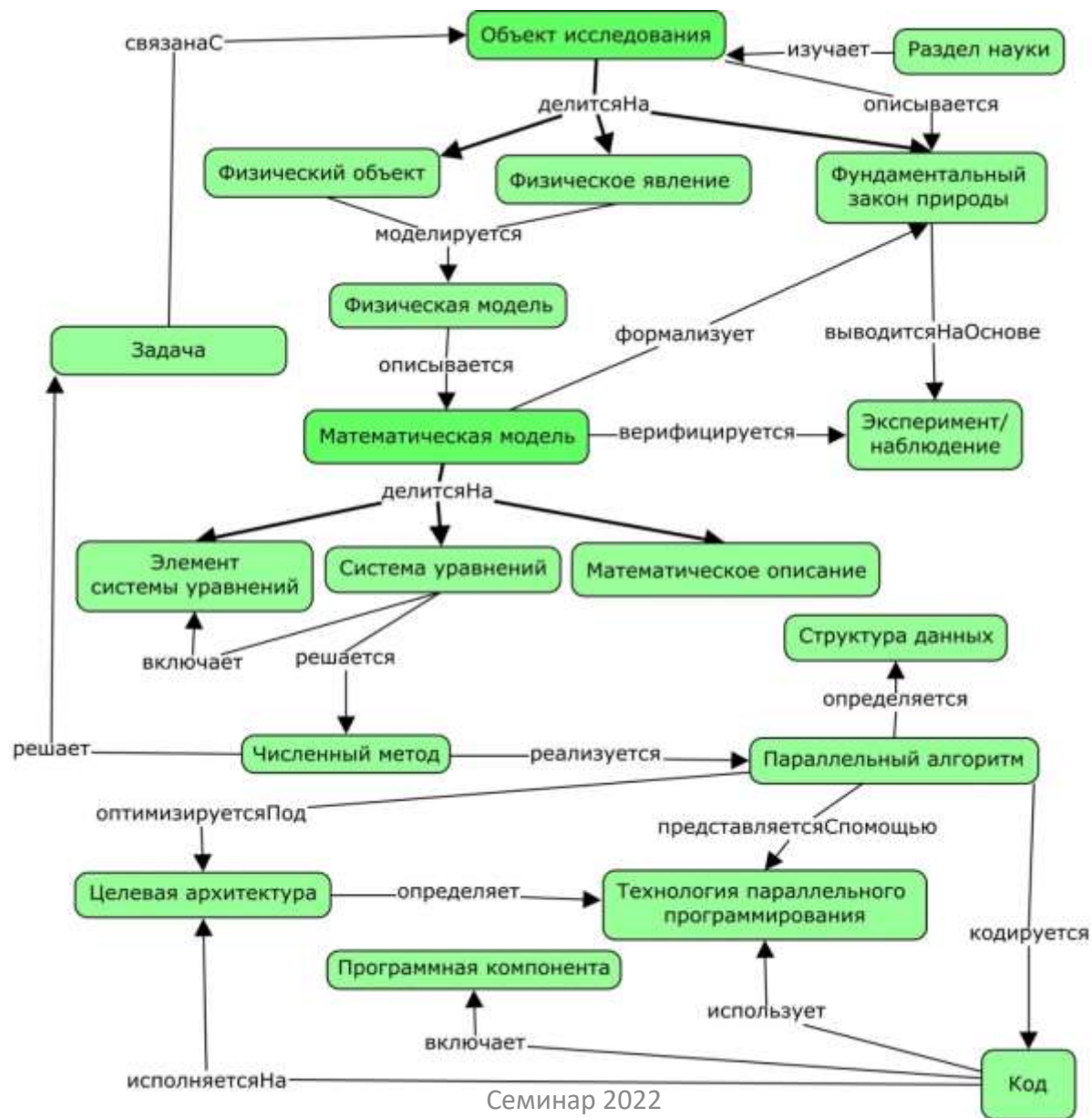
ОНТОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРАХ

Онтология проблемной области «Решение вычислительно сложных задач математической физики на суперкомпьютерах», а также предметные онтологии, построены на **основе базовых онтологий** научного знания и научной деятельности.

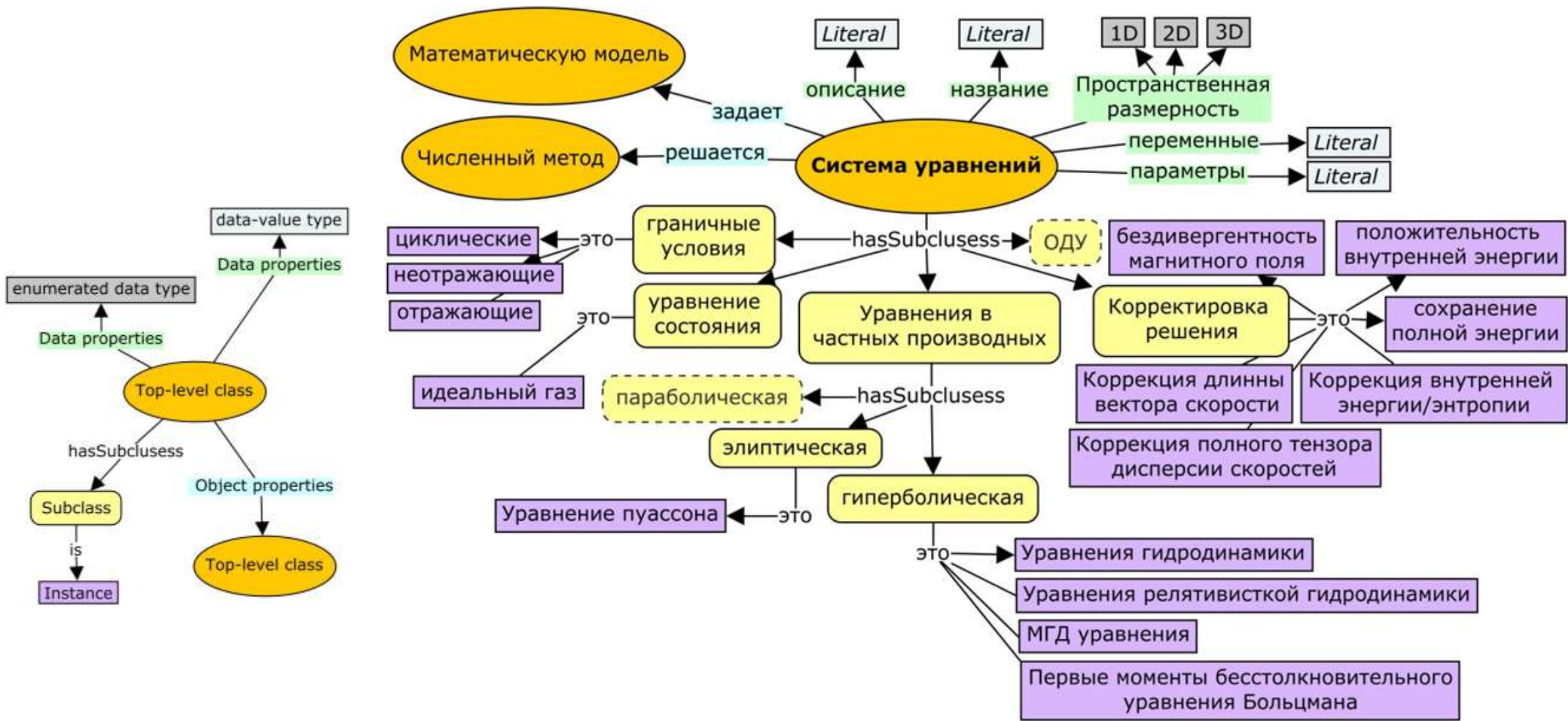
Базовые онтологии были ранее **разработаны в коллективе ИСИ СО РАН** в рамках технологии построения интеллектуальных научных интернет-ресурсов.

При построении онтологии также были использованы паттерны онтологического проектирования, представляющие собой документально зафиксированные описания проверенных на практике решений типовых проблем онтологического моделирования. Они создаются для того, чтобы упорядочить и облегчить процесс построения онтологий и помочь разработчикам избежать типичных ошибок онтологического моделирования.

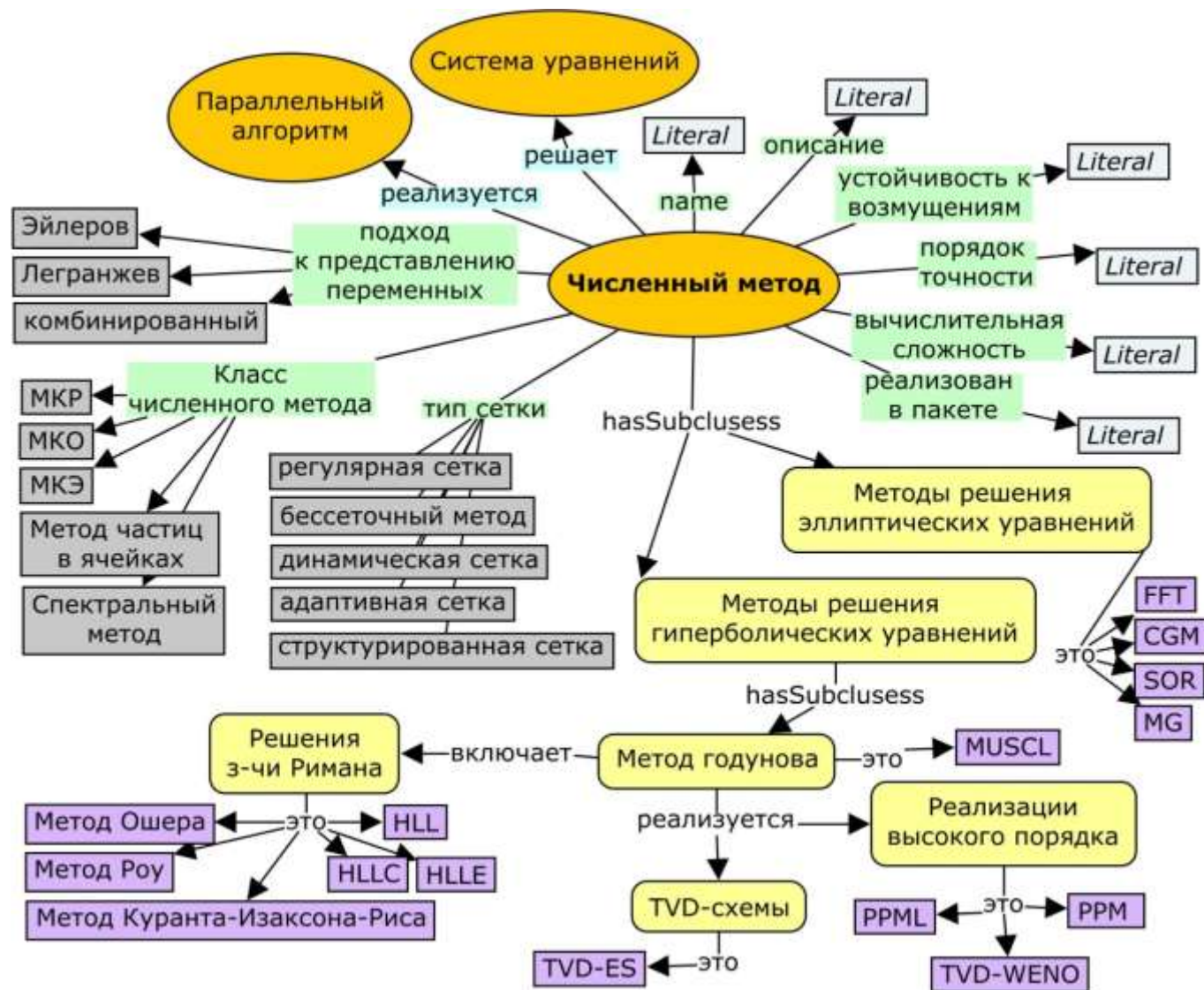
ВЕРХНИЙ УРОВЕНЬ ОНТОЛОГИИ



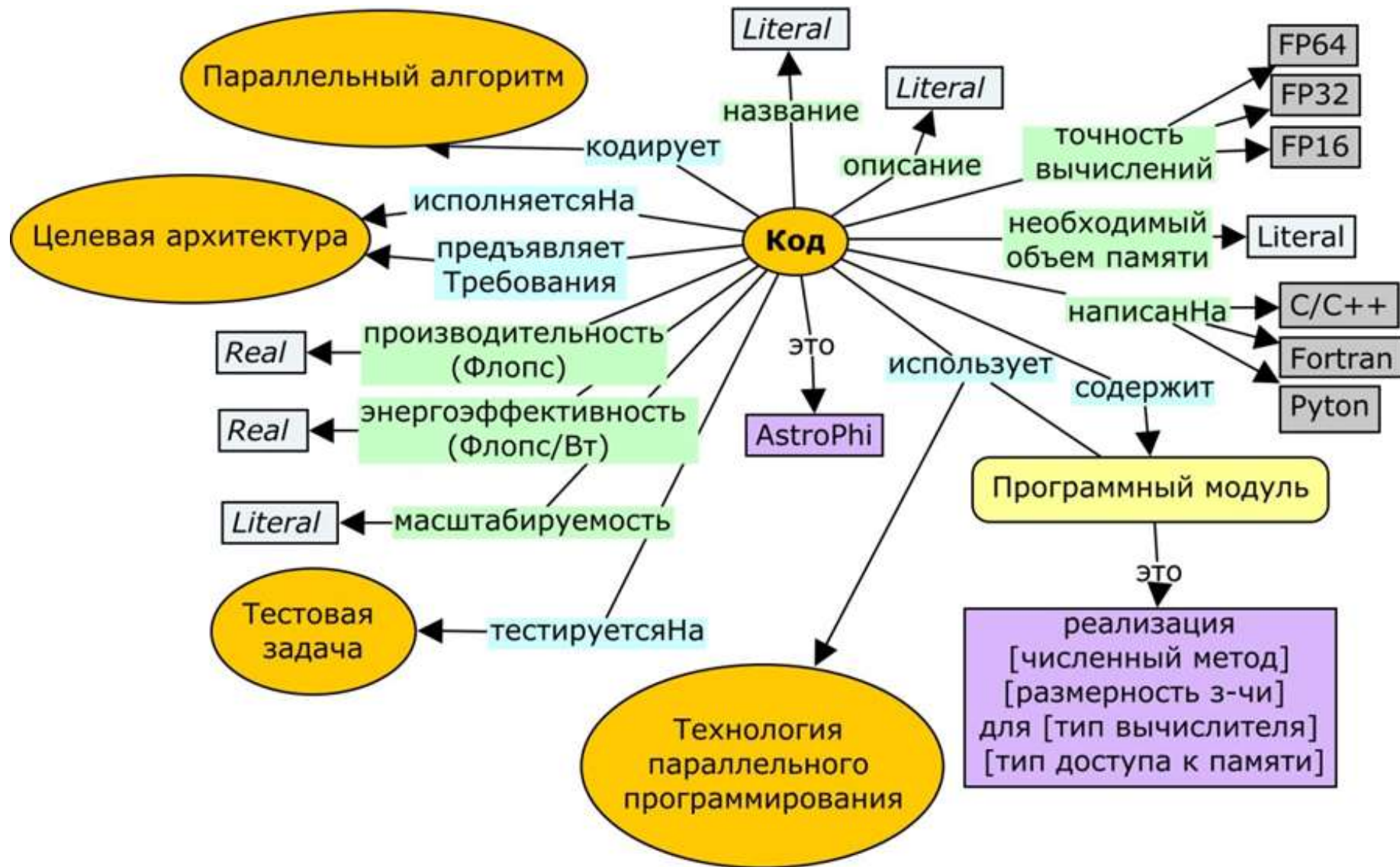
ПАТТЕРНЫ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ



ПАТТЕРНЫ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ



ПАТТЕРНЫ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ




ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРС

Основное назначение ресурса - **предоставление содержательного доступа** к систематизированной информации об области знаний «Поддержка решения вычислительно сложных задач математической физики на суперкомпьютерах», к публикациям и ресурсам, посвященным данной проблеме, к доступным параллельным кодам и средствам разработки таких кодов.

Адрес ресурса:

<https://uniserv.iis.nsk.su/spsc/index.php?r=site%2Findex>

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРС

Главная Онтология О ресурсе  Выход (admin)

ПОДДЕРЖКА РЕШЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРАХ



Свойства объекта

Название	MUSCL - Монотонная восходящая схема для законов сохранения
Описание	Явная монотонная противопотоковая схема для законов сохранения, обеспечивает высокоточные численные решения даже в тех случаях, когда решения имеют толчки, разрывы или большие градиенты
Порядок точности	1-ый по времени, 2-ой по пространству
Тип сетки	адаптивная сетка, динамическая сетка, конечно-элементная сетка, равномерная сетка, структурированная сетка
Подход к представлению переменных	Лагранжев подход, Эйлеров подход
Вид схемы	Явная схема

Связи объекта

реализует

Метод / средство исследования

[Метод Годунова](#)

[Метод конечных объемов](#)

реализуется в Программной разработке

Программная разработка

[Heracles](#)

[ART](#)

[AREPO](#)

- + Задача
- + Информационный ресурс
- + Информация
- + Математическая модель
- Метод / средство исследования
 - Граф сейсмической обработки
 - Дифракционно-лучевой метод
 - Дифракционный метод
 - Лучевой метод
 - Метод на рассеянных волнах
 - Параллельный алгоритм
 - Процедура обработки сейсмических данных
- Численный метод
 - Метод решения гиперболических уравнений
 - Метод решения эллиптических уравнений
- Схема**
- + Научная / практическая деятельность
- + Объект исследования
- + Программная разработка
 - Раздел науки
 - Технология параллельного программирования
- + Физическая модель
- Целевая архитектура
- + Элемент_архитектуры

© ИВМИГ, ИСИ 2019–2020

Ресурс разработан при финансовой поддержке РФФИ (проект №19-07-00085)

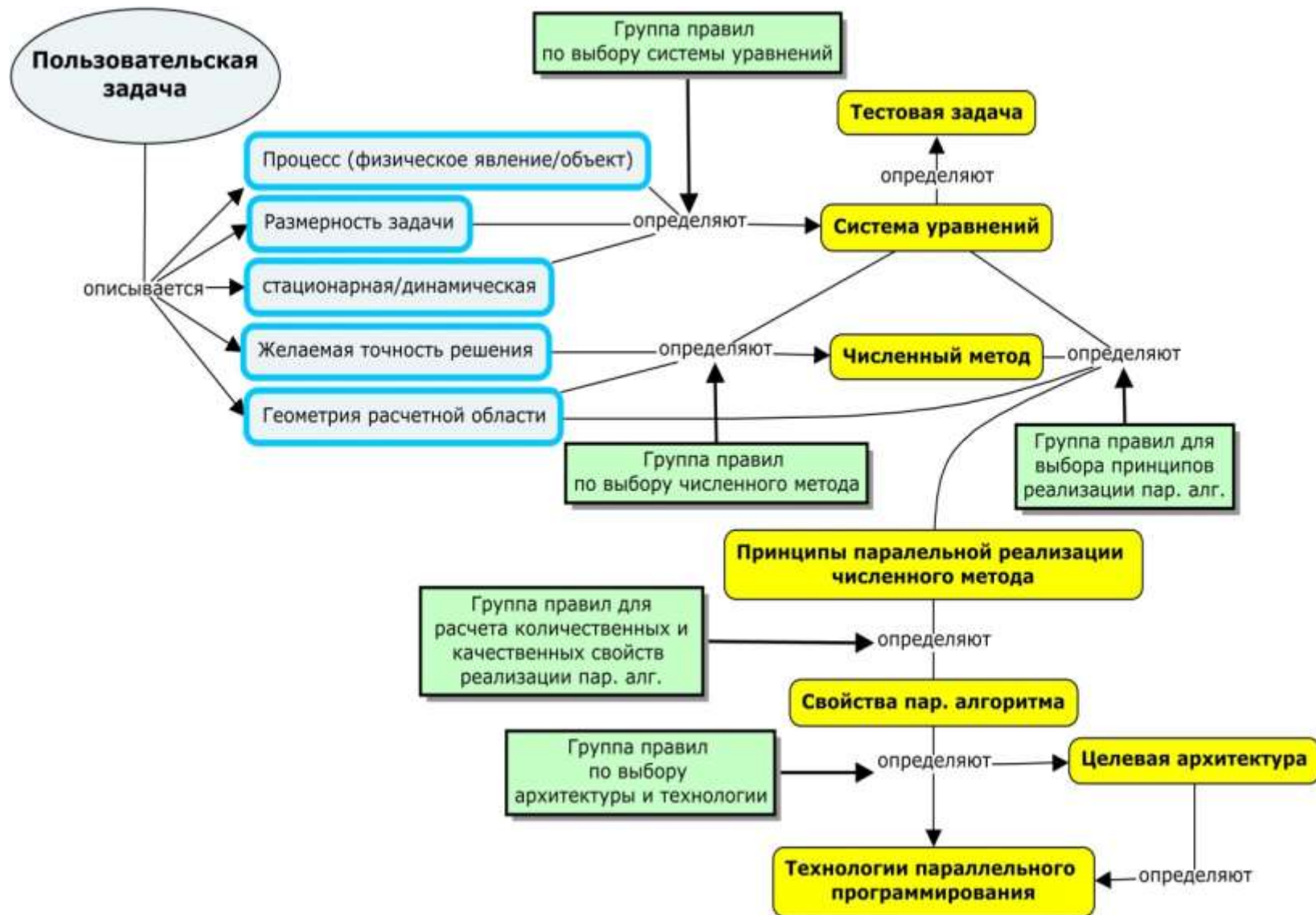
Семинар 2022

ПРАВИЛА ВЫВОДА

Правила служат для пополнения базы знаний системы, позволяют представить в системе **знания экспертов** о предметной области и выводить информацию, не представленную в системе в явном виде.

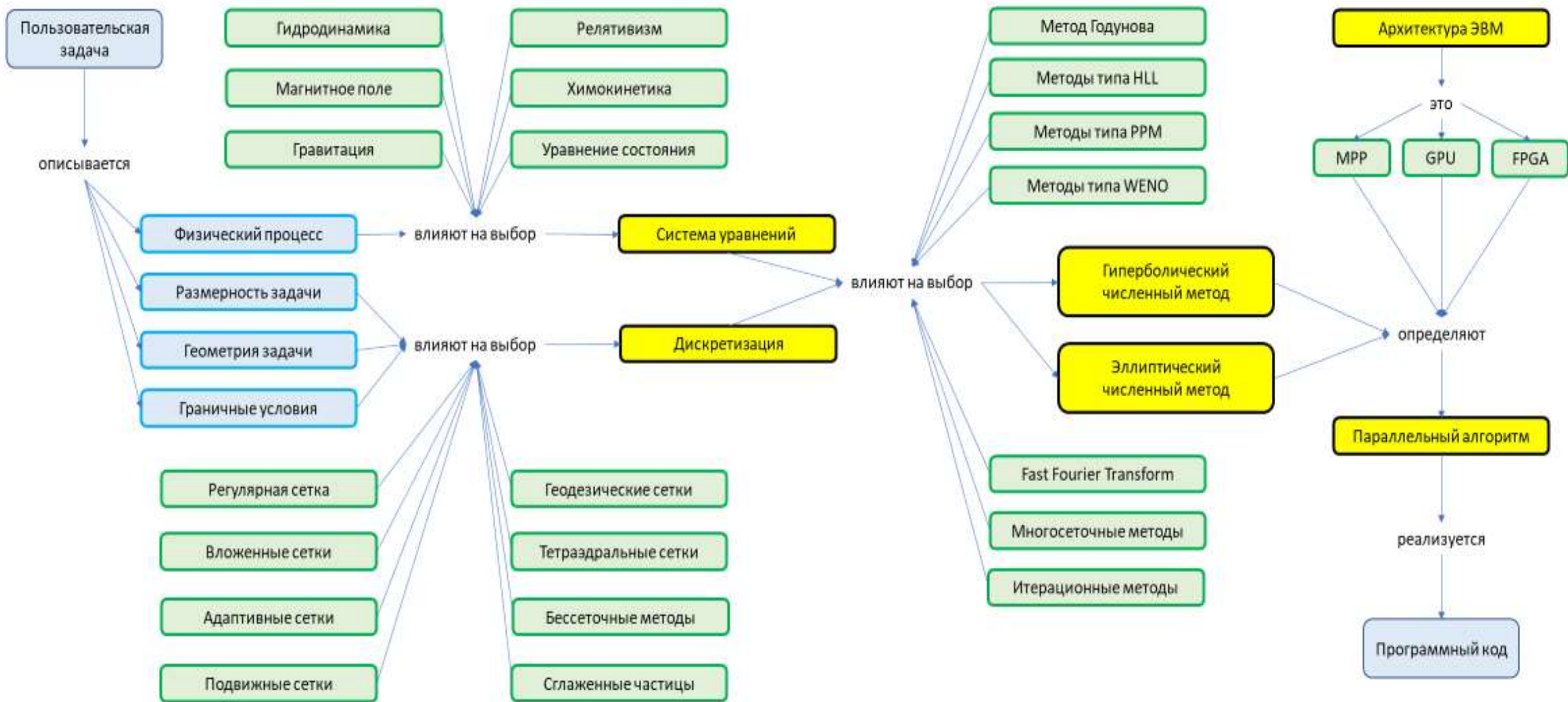
Правила используются для **построения схемы решения конкретной задачи** по предоставленной пользователем её спецификации. Они позволяют выбрать и включить в схему наиболее подходящие для решения задачи физические и математические модели, численные методы, алгоритмы, параллельные технологии и архитектуры, учитывая при этом особенности параллельной реализации. В схему включаются ссылки на доступные фрагменты параллельного кода, которые пользователь может использовать при разработке собственного кода.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ



Таким образом, необходимо сформулировать **основные группы правил для решения задач математической физики**: по выбору систем уравнений; по выбору численного метода; по реализации параллельного алгоритма; по свойствам алгоритма; по выбору архитектуры вычислительной системы и суперкомпьютерной технологии. По существу, это **точки принятия решений пользователем**, где необходима интеллектуальная поддержка для выбора правильного решения. **Поэтому для каждой предметной области необходимо создать набор таких правил**, который задаётся экспертом, что позволит пользователю избегать ошибок при создании программы решения задачи.

ОСНОВНЫЕ БЛОКИ ПРИ РЕШЕНИИ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ



ПРАВИЛА ПО ФИЗИЧЕСКОМУ ПРОЦЕССУ

1. По умолчанию используется модель гидродинамики.
2. Если есть магнитное поле, то используется МГД модель.
3. Если есть скорости порядка скорости света, то релятивистская гидродинамика.
4. Если важен учет состава астрофизических объектов, то добавляется химическая кинетика.
5. Если скорость гравитационного взаимодействия порядка гидродинамического, то добавляется гравитация.
6. Если учитывается излучение или особый состав газа, то строится специальное уравнение состояния.

ПРАВИЛА ПО ВЫБОРУ СЕТОК

1. По умолчанию используется регулярная сетка.
2. Если будет моделировать процесс на основе коллапса, то используются вложенные сетки.
3. Если процесс коллапса множественный, то используются адаптивные сетки.
4. Если важен учет углового момента, то используется аппарат подвижных сеток.
5. Если моделируется сферический объект, то используются геодезические сетки.
6. Если нужно использовать множественное уточнение решения, то используются тетраэдральные сетки.
7. Если необходимо учесть бесстолкновительную компоненты, то используется метод сглаженных частиц.
8. Если при моделировании бесстолкновительной части важно учесть ударные гидродинамические волны, то используются бессеточные методы.

ПРАВИЛА ПО ВЫБОРУ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕШАТЕЛЯ

1. По умолчанию используется метод Годунова.
2. Если необходимо учесть "carbuncle free" эффекты, то используется HLL метод.
3. Если нужно воспроизвести решение с малой диссипацией, то используется метод типа PPM.
4. Если кусочно-параболического представления недостаточно, то используется схема типа WENO.

ПРАВИЛА ПО ВЫБОРУ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА

1. По умолчанию для регулярных сеток используется быстрое преобразование Фурье.
2. Если метод на основе БПФ долгий, то используется многосеточный метод.
3. Если сетка не регулярная, то используются итерационные методы.

ПРАВИЛА ПО ВЫБОРУ АРХИТЕКТУРЫ ЭВМ

1. По умолчанию используется MPP архитектура.
2. GPU и технология CUDA являются предпочтительными для решения задач с помощью уравнения Власова.
3. СуперЭВМ кластерной архитектуры на основе MPI лучше подходят для магнитогидродинамического моделирования.
4. Для параллельной реализации методов семейства HLL используются векторные расширения AVX для процессоров и ускорителей Intel.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРАВИЛ ВЫВОДА НА ЯЗЫКЕ SWRL

ПользовательскаяЗадача(?p), является_Thing_Thing(?p, МоделированиеЗвездообразования),
имеетСхему_Задача_Схема(?p, ?s), включает_Схема_МатематическуюМодель(?s, ?mm) ->
является_Thing_Thing(?mm, УравненияГравитационнойГазовойДинамики)

ПользовательскаяЗадача(?p), имеетСхему_Задача_Схема(?p, ?s),
АстрофизическаяЗадача_УчетCarbuncleFreeЭффектов(?p, да), включает_Схема_Метод(?s, ?m) ->
является_Thing_Thing(?m, МетодHLL)

ПользовательскаяЗадача(?p), связанаС_Задача_ОбъектИсследования(?p, Коллапс),
имеетСхему_Задача_Схема(?p, ?s), включает_Схема_Метод(?s, ?m) -> ЧисленныйМетод_ТипСетки(?m,
вложенная_сетка)

ПользовательскаяЗадача(?p), имеетСхему_Задача_Схема(?p, ?s), включает_Схема_Метод(?s, ?m),
ЧисленныйМетод_ТипСетки(?m, вложенная_сетка) -> является_Thing_Thing(?m,
МетодСопряженныхГрадиентов)

ПользовательскаяЗадача(?p), имеетСхему_Задача_Схема(?p, ?s), включает_Схема_Метод(?s, ?m),
является_Thing_Thing(?m, МетодHLL), включает_Схема_Технология(?s, ?t) -> является_Thing_Thing(?t, AVX),
является_Thing_Thing(?t, CoarrayFortran)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НА ОСНОВЕ ПРАВИЛ ВЫВОДА

The screenshot displays the Protege ontology editor interface. The main window shows a list of rules under the 'Rules' tab. Each rule is a logical statement defining relationships between classes and individuals. The right-hand side of the interface shows the 'Annotations' and 'Property assertions' for the class 'ЧисленныйМетодЗадача2'. The 'Annotations' section lists two labels: 'Numerical method for solving the problem' in English and 'Численный метод решения задачи' in Russian. The 'Property assertions' section shows that the class is an instance of 'МетодСопряженныхГрадиентов', 'МетодHLL', and 'ЧисленныйМетод_ТипСетки_вложенная_сетка'. The 'Data property assertions' section shows that the class has the name 'Numerical method for solving the problem' in English and 'Численный метод решения задачи' in Russian.

Rules:

- имеетСхему_Задача_Схема(?t, ?s), связанаС_Задача_ОбъектИсследования(?t, ?p), Плазма_ВидФункцииРаспределения(?p, неизвестен), включает_Схема_МатематическуюМодель(?s, ?mm) -> является_Thing_Thing(?mm, УравнениеВласова)
- ПользовательскаяЗадача(?p), имеетСхему_Задача_Схема(?p, ?s), АстрофизическаяЗадача_УчетCarbuncleFreeЭффектов(?p, да), включает_Схема_Метод(?s, ?m) -> является_Thing_Thing(?m, МетодHLL)
- СхемаРешенияЗадачи(?s), имеетСхему_Задача_Схема(?t, ?s), связанаС_Задача_ОбъектИсследования(?t, ?p), Плазма_Динамика(?p, вихревая) -> включает_Схема_МатематическуюМодель(?s, УравненияМаксвелла)
- имеетСхему_Задача_Схема(?t, ?s), включает_Схема_МатематическуюМодель(?s, ?mm), является_Thing_Thing(?mm, УравнениеПуассона), Задача_ТипРасчетнойОбласти(?t, периодическая), включает_Схема_Метод(?s, ?chm) -> является_Thing_Thing(?chm, МетодПреобразованияФурье)
- имеетСхему_Задача_Схема(?t, ?s), связанаС_Задача_ОбъектИсследования(?t, ?p), Плазма_Динамика(?p, одномерная), включает_Схема_МатематическуюМодель(?s, ?mm) -> является_Thing_Thing(?mm, УравнениеПуассона)
- имеетСхему_Задача_Схема(?t, ?s), связанаС_Задача_ОбъектИсследования(?t, ?p), Плазма_ЛарморовскийРадиус(?p, ?lr), включает_Схема_Метод(?s, ?chm), swrlb: multiply(?nn, ?lr, 4) -> ЧисленныйМетод_КоличествоУзловПространственнойСетки(?chm, ?nn)
- имеетСхему_Задача_Схема(?t, ?s), связанаС_Задача_ОбъектИсследования(?t, ?p), Плазма_ВидФункцииРаспределения(?p, турбулентная), включает_Схема_МатематическуюМодель(?s, ?mm) -> является_Thing_Thing(?mm, УравнениеВласова)
- ПользовательскаяЗадача(?p), имеетСхему_Задача_Схема(?p, ?s), включает_Схема_Метод(?s, ?m), ЧисленныйМетод_ТипСетки(?m, вложенная_сетка) -> является_Thing_Thing(?m, МетодСопряженныхГрадиентов)
- имеетСхему_Задача_Схема(?t, ?s), связанаС_Задача_ОбъектИсследования(?t, ?p), Плазма_ВидФункцииРаспределения(?p, равновесная) -> включает_Схема_МатематическуюМодель(?s, УравнениеМагнитнойГидродинамики)
- ПользовательскаяЗадача(?p), связанаС_Задача_ОбъектИсследования(?p, Коллапс), имеетСхему_Задача_Схема(?p, ?s), включает_Схема_Метод(?s, ?m) -> ЧисленныйМетод_ТипСетки(?m, вложенная_сетка)

Annotations: ЧисленныйМетодЗадача2

- rdfs:label [language: en] Numerical method for solving the problem
- rdfs:label [language: ru] Численный метод решения задачи

Property assertions: ЧисленныйМетодЗадача2

- является_Thing_Thing МетодСопряженныхГрадиентов
- является_Thing_Thing МетодHLL
- ЧисленныйМетод_ТипСетки_вложенная_сетка

Data property assertions

- Thing_Название "Numerical method for solving the problem"@en
- Thing_Название "Численный метод решения задачи"@ru

Negative object property assertions +

Negative data property assertions +

Reasoner active Show Inferences

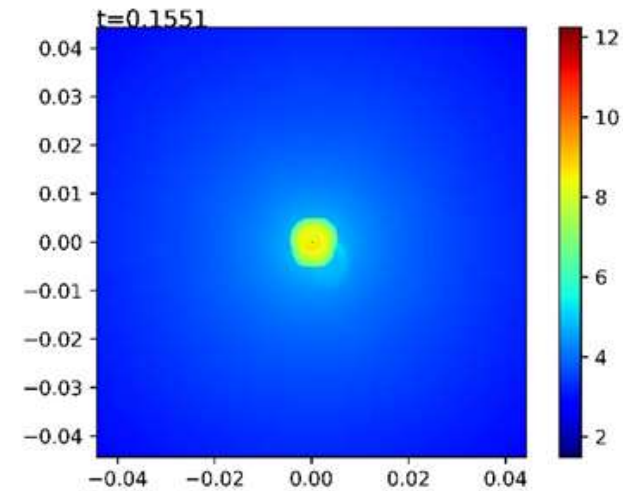
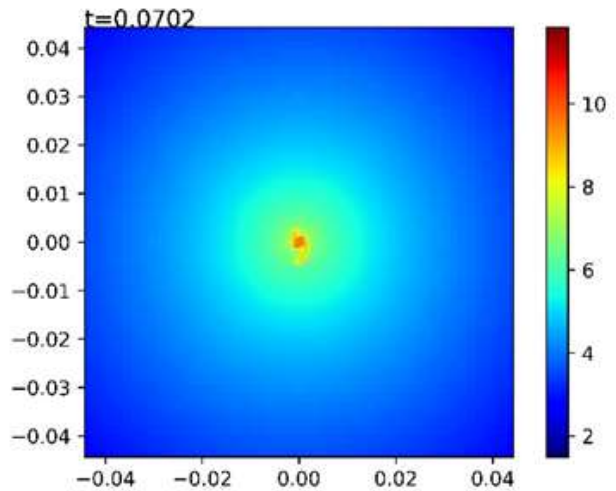
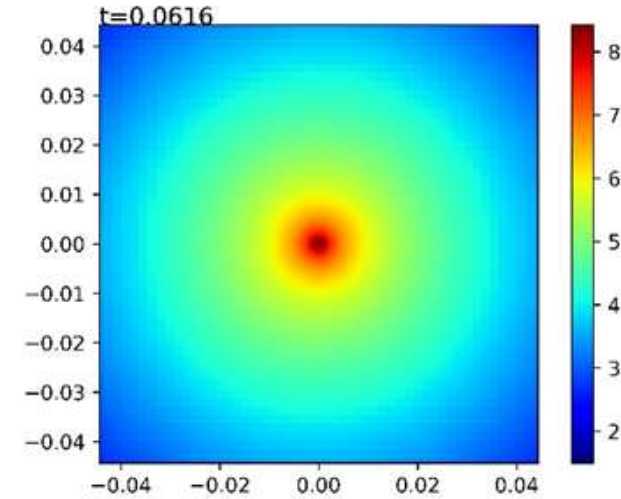
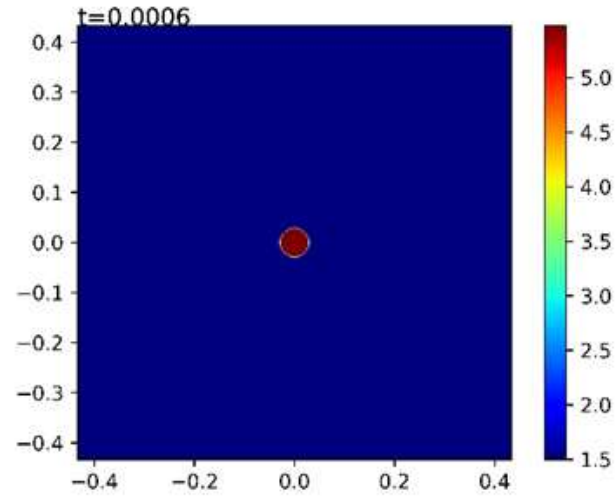
ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ:

1. Процесс звездообразования слабо зависит от изменения температуры газа и основным является динамика за счет гравитации. Таким образом, мы будем использовать модель изотермической гравитационной гидродинамики.
2. Особенность задачи звездообразования заключается в сильном – 12 порядков по пространственным масштабам и 15 порядков по плотности. Таким образом, мы будем использовать многоуровневые вложенные сетки.
3. Особенность вложенных сеток ведет нас к использованию итерационных численных методов решения уравнения Пуассона на основе подпространства Крылова. Например, метод сопряженных градиентов.
4. Процессы звездообразования суть сверхзвуковые течения с противотоками, что ведет к необходимости использования методов типа HLLC, что и было сделано нами в коде.
5. Для параллельной реализации подобных методов оптимальным решением будет использование языка Фортран и его системы Coarray Fortran
6. Использование методов семейства HLL позволяют достаточно хорошо задействовать векторные вычисления, прежде всего технологию AVX. Так как используется модель изотермической гидродинамики, то консервативными переменными являются плотность и три компонента момента импульса. Таким образом, для организации вычислений достаточно использовать 4 элемента в векторе, что реализовано в технологии AVX-256 или AVX-2.

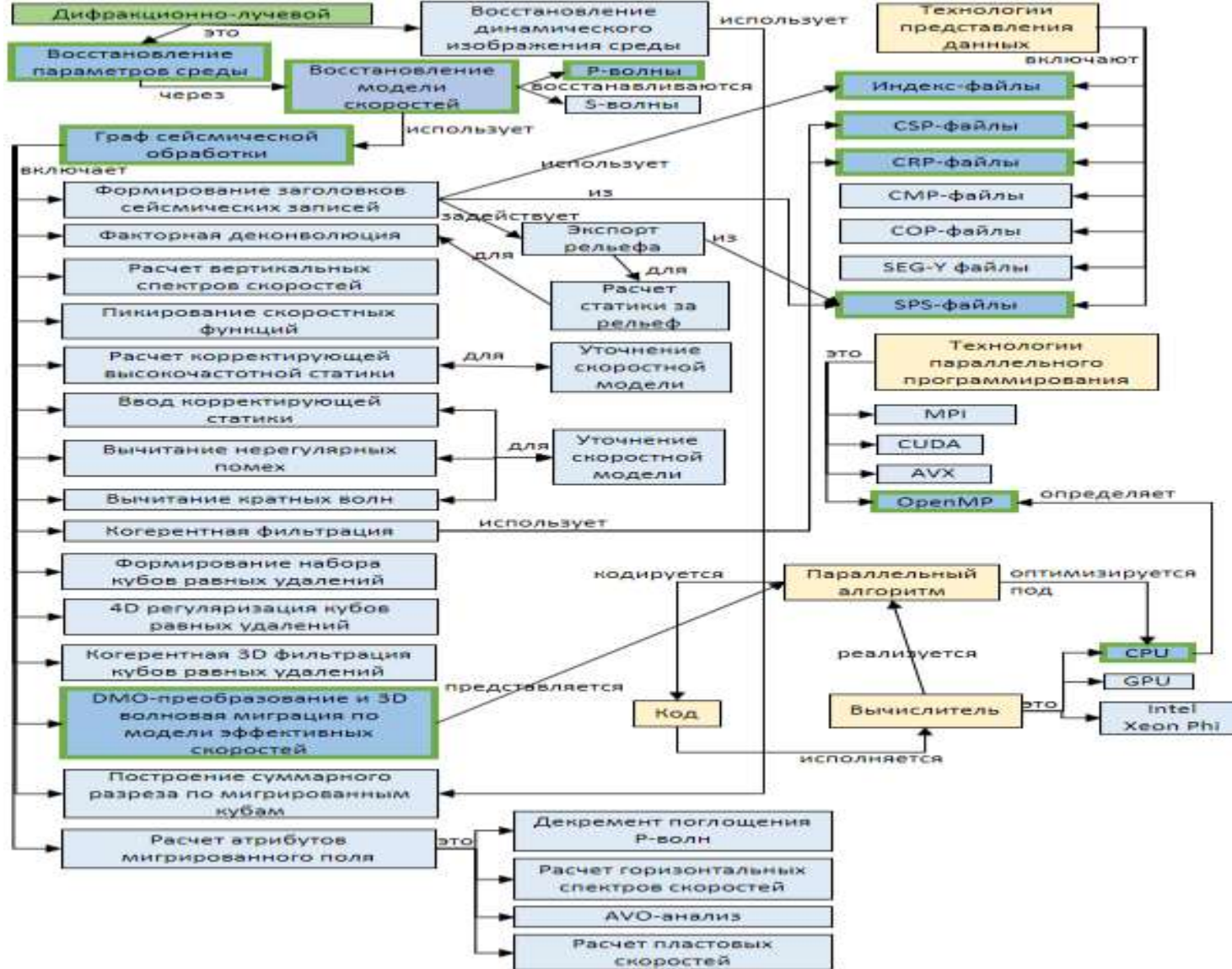
РАЗВИТИЕ СПИРАЛЬНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ПРОТОЗВЕЗДНОМ ДИСКЕ

Для вычислительного эксперимента рассматривается холодная сфера Боннора-Эберта с массой равной несколько солнечных, вращающаяся с равновесным дифференциальным вращением. В начальный момент времени происходит коллапс с плотности порядка одна частица на кубический сантиметр. За шестьдесят лет происходит коллапс сферы с увеличением центральной плотности на пять порядков. За шесть тысяч лет формируется ядро диска с плотностью 10^8 частиц на см^3 , при этом размер ядра составляет порядка двух астрономических единиц. Еще за тысячу лет плотность поднимается еще на два порядка и имеет место развитие спиральных неустойчивостей. На момент времени 15 тысяч лет формируется достаточно устойчивое ядро диска со спиралью и характерной звездной плотностью порядка одной десятой грамма на кубический сантиметр, а контраст плотности составляет 12 порядков. Для расчета был использован один узел с процессорами Intel Xeon KNL с поддержкой векторных вычислений

Распределение логарифма плотности (г/см^3) в экваториальной плоскости диска. По осям отложены расстояния в тысячах а.е., единичное время 1 млн лет



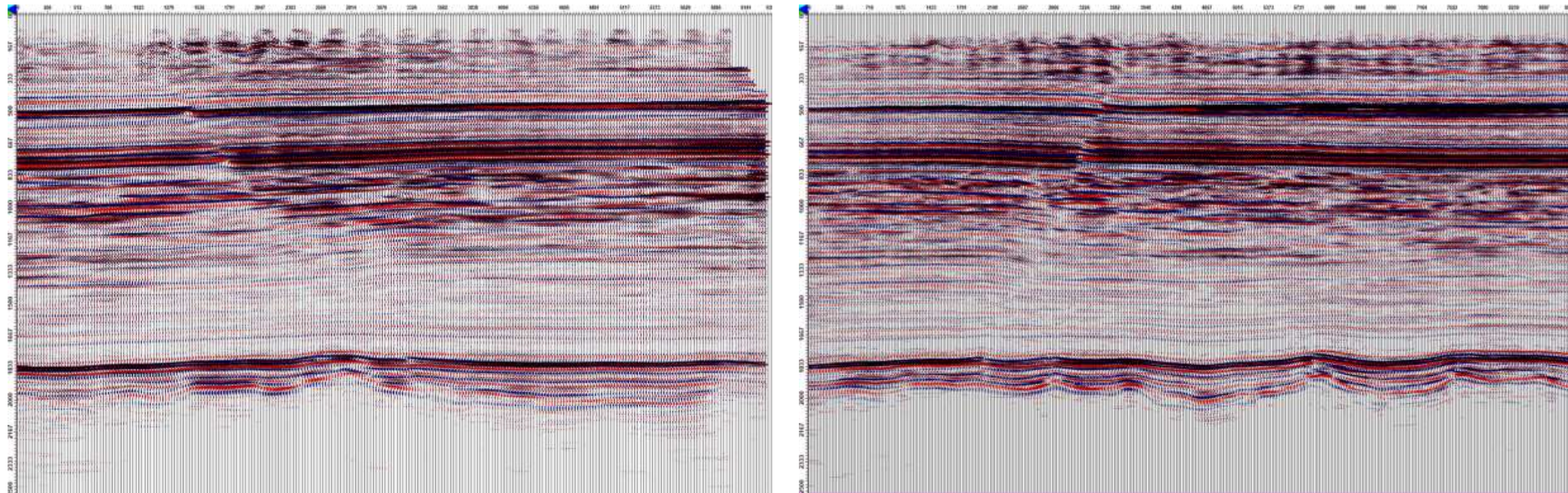
ОНТОЛОГИЯ ДИФРАКЦИОННО-ЛУЧЕВОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ



На рисунке представлена онтология, используемая при обработке записей полевых наблюдений для восстановления динамических изображений среды (сейсмогеологических разрезов) через дифракционно-лучевую модель волнового поля. В основе лежит восстановление осредненных скоростных моделей среды (как правило, по продольным волнам) и построение по ним суммарных сейсмических разрезов. Делается это при помощи графа сейсмической обработки, включающего в себя множество компонент с обратной связью, основные из которых отображены на схеме. Одновременно могут использоваться сразу несколько компонент графа, все они имеют параллельную реализацию.

Здесь в качестве примера показано онтологическое представление для параллельной реализации DMO-преобразования и 3D волновой миграции набора разрезов (кубов) равных удалений по модели эффективных скоростей. DMO-преобразование здесь нужно для адекватной реализации алгоритма F-K миграции по каждому из удалений.

ПОСТРОЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ



На рисунках показаны два вертикальных сечения 3D суммарного куба на заключительном этапе обработки (слева on-line, справа cross-line). Западная Сибирь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Разработана концепция интеллектуальной поддержки решения вычислительно сложных задач математической физики.
- Предложен состав основных блоков системы интеллектуальной поддержки: база знаний; информационно-аналитический интернет ресурс; экспертная система; библиотека программных компонент; модуль имитационного моделирования.
- На примере решения астрофизической и сейсмической задач показана возможность применения данной системы, основанной на онтологическом подходе.

**Спасибо
за внимание!**

gbm&sscc.ru

<http://www.sscc.icmmg.nsc.ru/>

ПУБЛИКАЦИИ

- B. Glinskiy, Y. Zagorulko, G. Zagorulko, I. Kulikov, A. Sapetina. The Creation of Intelligent Support Methods for Solving Mathematical Physics Problems on Supercomputers. Russian Supercomputing Days 2019, Springer International Publishing 2019, 427-438, DOI 10.1007/978-3-030-36592-9_35
- G. Zagorulko, Y. Zagorulko, B. Glinskiy, A. Sapetina. (2019) Ontological Approach to Providing Intelligent Support for Solving Compute-Intensive Problems on Supercomputers. In: Kuznetsov S., Panov A. (eds) Artificial Intelligence. RCAI 2019. Communications in Computer and Information Science, vol 1093, pp 363-375. DOI: 10.1007/978-3-030-30763-9_30
- Anna Sapetina Boris Glinskiy Galina Zagorulko Content of ontology for solving compute-intensive problems of the cosmic plasma hydrodynamics. Third Virtual Workshop on Numerical Modeling in MHD and Plasma Physics: 12-16 October 2020, Novosibirsk, Russia, Journal of Physics Conference Series, Volume 1640 012019. doi:10.1088/1742-6596/1640/1/012019
- Sapetina A., Glinskiy B., Zagorulko G. Content of ontology for solving compute-intensive problems of the cosmic plasma hydrodynamics // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – V. 1640. – Article Number 012019 DOI: 10.1088/1742-6596/1640/1/012019
- Zagorulko Y., Zagorulko G., Snytnikov A., Glinskiy B., Shestakov V. (2021) Information-Analytical System to Support the Solution of Compute-Intensive Problems of Mathematical Physics on Supercomputers. In: Malyshkin V. (eds) Parallel Computing Technologies. PaCT 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12942. Springer, Cham. Q3 https://doi.org/10.1007/978-3-030-86359-3_33
- Glinskiy B, Sapetina A, Snytnikov A, Zagorulko Y and Zagorulko G 2021 The automated construction of a scheme for solving compute-intensive problems based on the ontological approach and Semantic Web technologies J. Phys.: Conf. Ser. 2099 012022 doi:10.1088/1742-6596/2099/1/012022

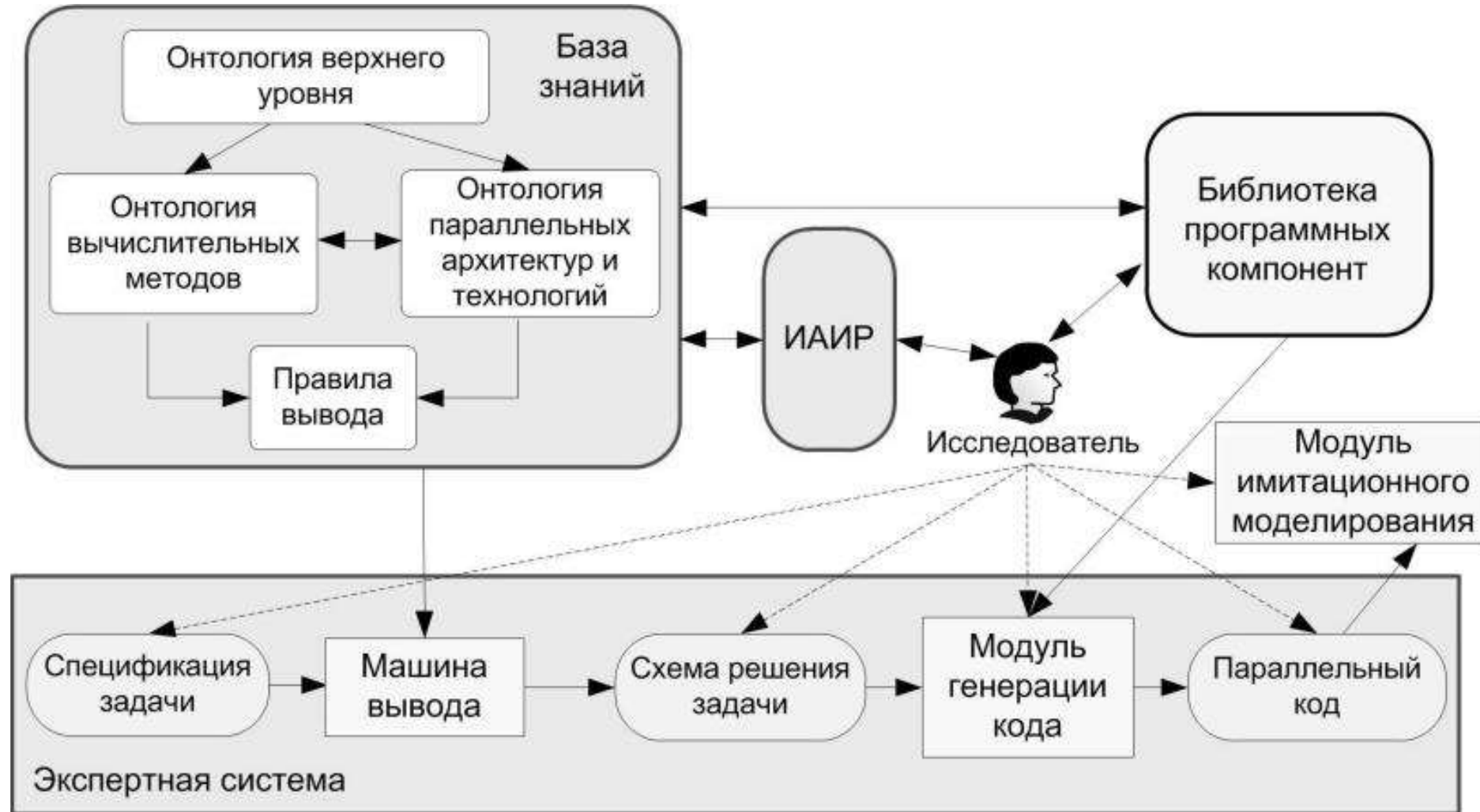
СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ



Стойки с оборудованием Summit соединяют 300 км оптоволоконного кабеля, а 15 000 литров циркулируют охлаждая их. Вычислительная мощность Summit составляет 122 петафлопс, потенциально максимальная – 200 петафлопс. Ориентирован на задачи ИИ.

Компании HPE и AMD в 2023 году планируют запустить суперкомпьютер El Capitan. Производительностью 2 эксафлопса. Ориентирован на задачи с интенсивной работой с данными, такими как моделирование, симуляция, аналитика и работа с ИИ.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ



КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ

- Интеллектуальная поддержка обеспечивается следующими компонентами: базой знаний, экспертной системой; библиотекой программных компонент и модулем имитационного моделирования.
- Центральное звено - база знаний, включающая онтологию верхнего уровня «Решение вычислительно сложных задач математической физики», онтологию вычислительных методов и онтологию параллельных архитектур и технологий, и правила вывода, расширяющие логику этих онтологий. Используем информационно-аналитический интернет-ресурс по поддержке решения вычислительно сложных задач на суперкомпьютерах (ИАИР).
- Экспертная система предназначена для помощи пользователю в построении параллельного кода, решающего его задачу на суперкомпьютере. Содержит: машину вывода; схему решения задачи; модуль генерации кода; параллельный код. Пользователь подает на вход ЭС спецификацию задачи, а на выходе получает схему и параллельный код. Генератор кода подставляет в схему решения задачи соответствующие фрагменты кода из библиотеки программных компонент. Если нет, то их необходимо написать.
- Модуль имитационного моделирования выполняет оценку масштабируемости вычислительного алгоритма для заданной архитектуры суперкомпьютера.

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ИНТЕРНЕТ РЕСУРСА

The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost/tssc/index.php?r=ontol...`. The page title is "ПОДДЕРЖКА РЕШЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРАХ". The interface includes a navigation menu with items like "Главная", "Онтология", and "Ресурсе". A sidebar on the left lists various categories, with "Параллельный алгоритм" selected. The main content area displays "Свойства объекта" (Name: Схема Годунова), "Связи объекта" (Coded by: Код, Optimized for: RTMC-MG-3D, Element of architecture: Intel Xeon Phi), and "Обратные связи объекта" (Realized by: Численный метод). The footer contains copyright information for ИВМиМГ, ИСИ 2019 and mentions funding from the Russian Federation.

ПАТТЕРНЫ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

- Для описания свойств понятий рассматриваемой проблемной области была разработана система паттернов онтологического проектирования. Такие паттерны представляют собой документально зафиксированные описания проверенных на практике решений типовых проблем онтологического моделирования. Они создаются для того, чтобы упорядочить и облегчить процесс построения онтологий и помочь разработчикам избежать типичных ошибок онтологического моделирования. Формализация онтологий и паттернов выполнена на языке OWL с использованием редактора Protégé [XXX].
- С содержательной точки зрения разработанные паттерны представляют собой семантические окрестности центральных понятий. Для этих понятий определены свойства - атрибуты и отношения. Атрибуты представляются как Data Properties для тех свойств, значения которых имеют стандартный тип данных, или как Object Properties для свойств со значениями из перечислимого типа данных. Отношения задают связи экземпляров центрального понятия с объектами других классов и представляются как Object Properties. Некоторые отношения могут иметь собственные атрибуты.