

# **Инструментальные средства организации параллельных вычислений в пакетах прикладных программ**

к.т.н. А.П. Новопашин

**к.т.н. И.А. Сидоров**

к.т.н. С.А. Горский

Институт динамики систем и теории управления СО РАН  
г. Иркутск

# Пакеты прикладных программ

- **прикладное программное обеспечение** (функциональное наполнение) пакета в виде библиотеки прикладных программных модулей;
- **системное программное обеспечение** для организации решения пользовательских задач с использованием функционального наполнения, включающее средства автоматизации планирования вычислений (в том числе параллельных);
- специализированные **языковые средства** описания предметной области и постановки пользовательских задач.

# Инструментальные средства создания параллельных и распределенных ППП

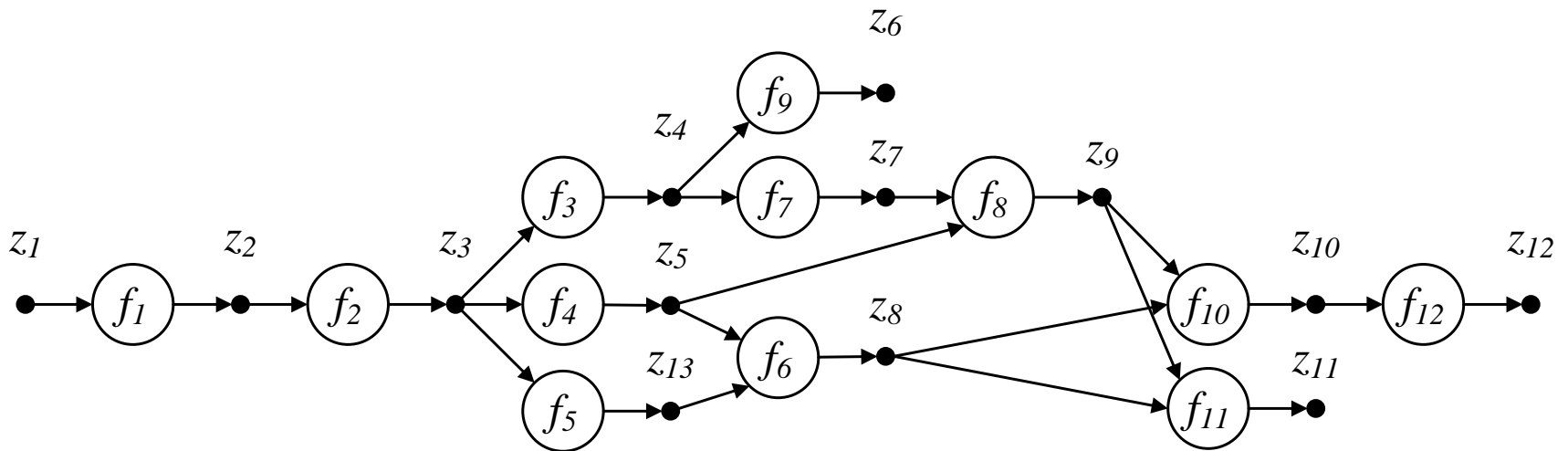
Такой инструментарий должен обеспечивать корректность и отказоустойчивость вычислений в рамках ППП, эффективность использования функционального наполнения пакета, **высокий уровень интеллектуализации** с учетом современных требований, включая **автоматизацию процессов выявления внутреннего параллелизма** вычислительной модели, синтеза параллельных планов решения задач и генерации на основе этих планов параллельных прикладных программ.

# Базовая вычислительная модель

$$KB=(F, Z, T, Y, In, Out, Com)$$

- $F = \{F_1, \dots, F_n\}$  – множество имен программных модулей;
- $Z = \{Z_1, \dots, Z_m\}$  – множество имен параметров;
- $T = \{T_1, \dots, T_r\}$  – множество типов параметров;
- $Y = \{Y_1, \dots, Y_p\}$  – множество узлов вычислительной системы;
- $In \subset F \times Z, Out \subset F \times Z$  – отношения, отражающие взаимосвязь модулей с данными соответственно по входу и выходу;
- $Com \subset F \times Y$  – отношение, определяющее статические связи между программными модулями и узлами ВС.

# Информационный граф зависимостей параметров и модулей



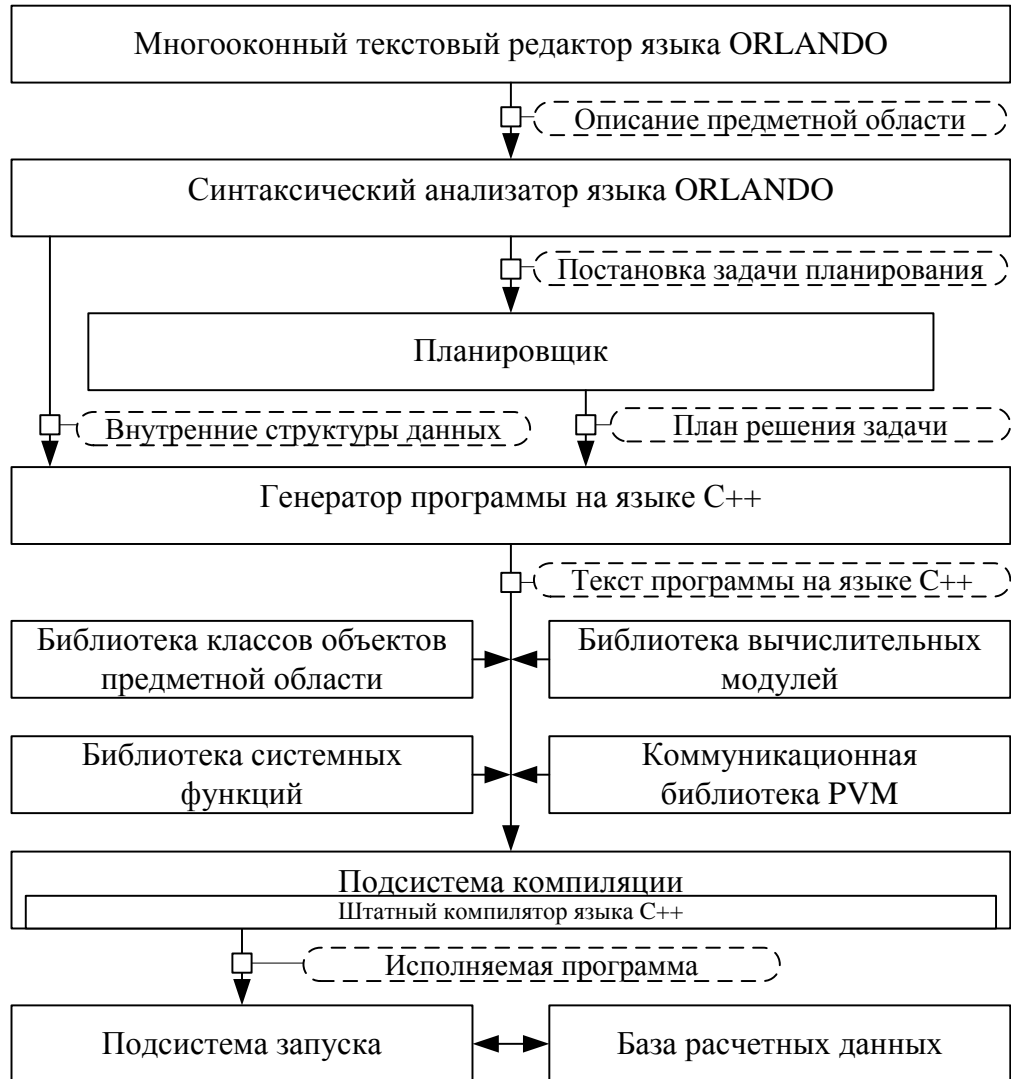
# Два подхода к организации функционального наполнения пакета

- 1) Все вычислительные модули содержатся в **единой библиотеке**, установленной на рабочей станции разработчика пакета. По непроцедурной постановке задачи производится автоматическое планирование параллельной схемы вычислений, осуществляется синтез целевой параллельной программы, ее **компиляция** и запуск на заданном числе узлов однородной ВС.
- 2) Вычислительные модули размещаются в **различных узлах** ВС, отличающихся программно-аппаратными характеристиками. Постановка задач осуществляется в процедурном виде, а исполнение построенных схем решения выполняется в режиме **интерпретации**.

# Инструментальный комплекс **ORLANDO**

- Данный инструментарий ориентирован на создание ППП **для однородных UNIX-кластеров** с возможностью автоматической генерации параллельных программ для решения вычислительных задач в виде композиции готовых функциональных блоков.
- Вычислительные модули, составляющие функциональное наполнение РППП, представляют собой подпрограммы, реализованные на **языке программирования С или С++**.

# Архитектура ИК ORLANDO





# Два подхода к организации функционального наполнения пакета

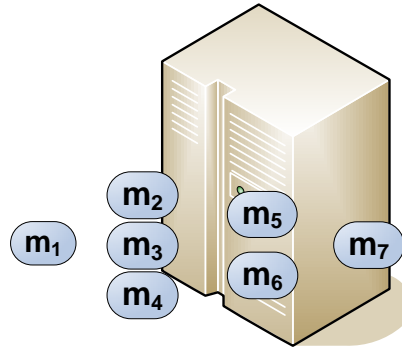
- 1) Все вычислительные модули содержатся в единой библиотеке, установленной на рабочей станции разработчика пакета. По непроцедурной постановке задачи производится автоматическое планирование параллельной схемы вычислений, осуществляется синтез целевой параллельной программы, ее компиляция и запуск на заданном числе узлов однородной ВС.
- 2) Вычислительные модули размещаются **в различных узлах** ВС, отличающихся программно-аппаратными характеристиками. Постановка задач осуществляется в процедурном виде, а исполнение построенных схем решения выполняется в режиме **интерпретации**.

# Инструментальный комплекс **DISCOMP**

- Данный инструментальный комплекс предназначен для разработки и применения распределенных пакетов прикладных программ, ориентированных на работу в **гетерогенной распределенной вычислительной среде**, которая может включать вычислительные кластеры различных конфигураций.
- Вычислительные модули, составляющие функциональное наполнение РППП, представляют собой исполняемые программы, которые могут быть реализованы на **различных языках программирования** (например, C, Fortran, Pascal и др.) и быть платформо-зависимыми.

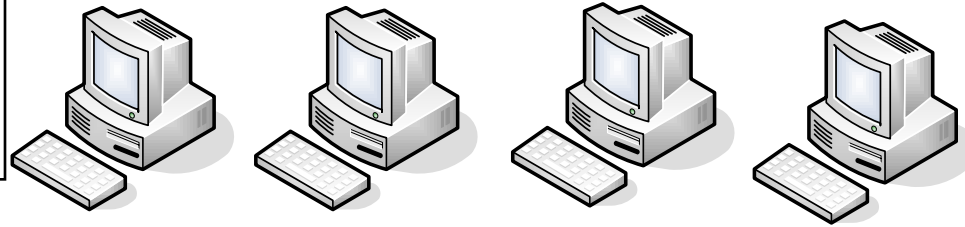
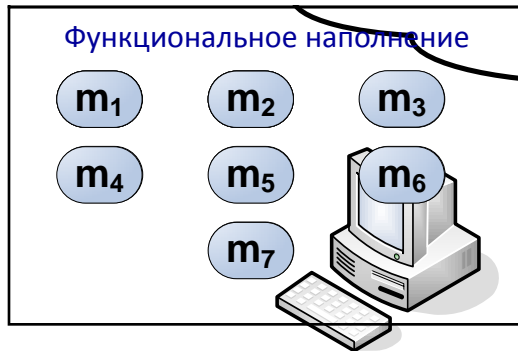
# Распределенный пакет прикладных программ

Пакет прикладных программ



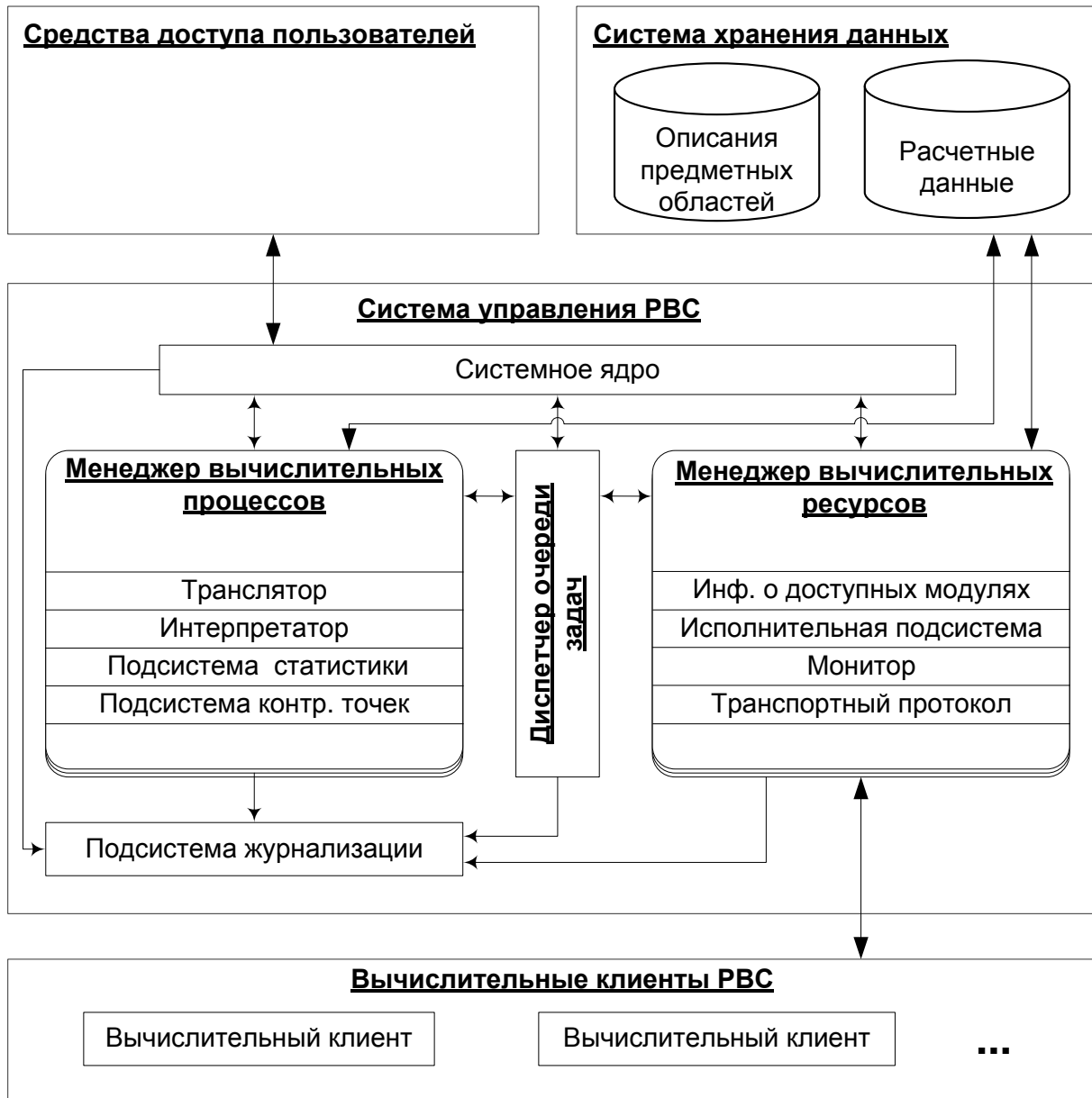
Главный компьютер РВС

Коммуникационная среда



Вычислительные узлы

# Архитектура ИК DISCOMP



# Схема решения задачи

```
<process>
  <stage>
    <module name='decompose' />
  </stage>
  <stage>
    <listmodule name='solver'
      onFinish='checkListResult($el_num)' />
  </stage>
  <script>
    function checkListResult (el_num) {
      var res = DiscompAPI.getLPV('solver',el_num);
      if ( res.match(/SAT/) )
        DiscompAPI.gotoNextStage ();
    };
  </script>
</process>
```

# Схема решения задачи

```
decompose = new DiscompModule("decompose");
solver    = new DiscompModule("solver");
list_param = new DiscompParameter("fileslist");
out_param  = new DiscompParameter("result");

decompose.Start();

for ( var i=0; list_param.size(); i++ ) {
    solver.startList(i);
};

solver.waitForFinished();

if ( result.getValue() == "SAT" ) {
    logMessage("Found result");
};
```

# Применение

- Решение задач обращения булевых функций.
- Решение задачи оптимального управления и построения графиков множеств достижимости.
- Решение задач удовлетворения булевых ограничений.
- Исследование филогенетических отношений сиговых рыб Байкала.
- Проведение сравнительно-геномного анализа диатомовой водоросли *Synedra acus*.
- Моделирование логистических систем.

# РППП КОНУС

РППП КОНУС предназначен для построения и оценки множества достижимости управляемого летательного аппарата.

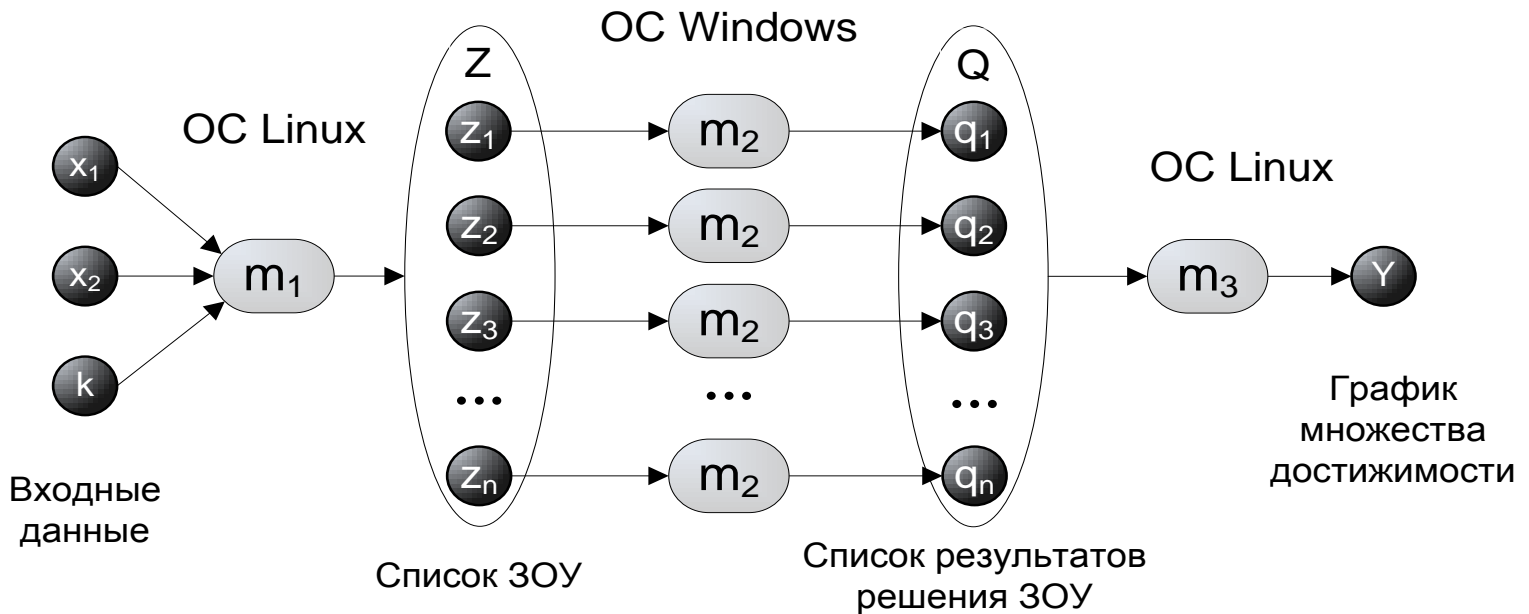
Ключевые особенности РППП КОНУС:

- повторное использование **унаследованного ПО** и реализация на его основе распределенных вычислений;
- включение в вычислительный процесс модулей, жестко **привязанных к определенным операционным системам.**



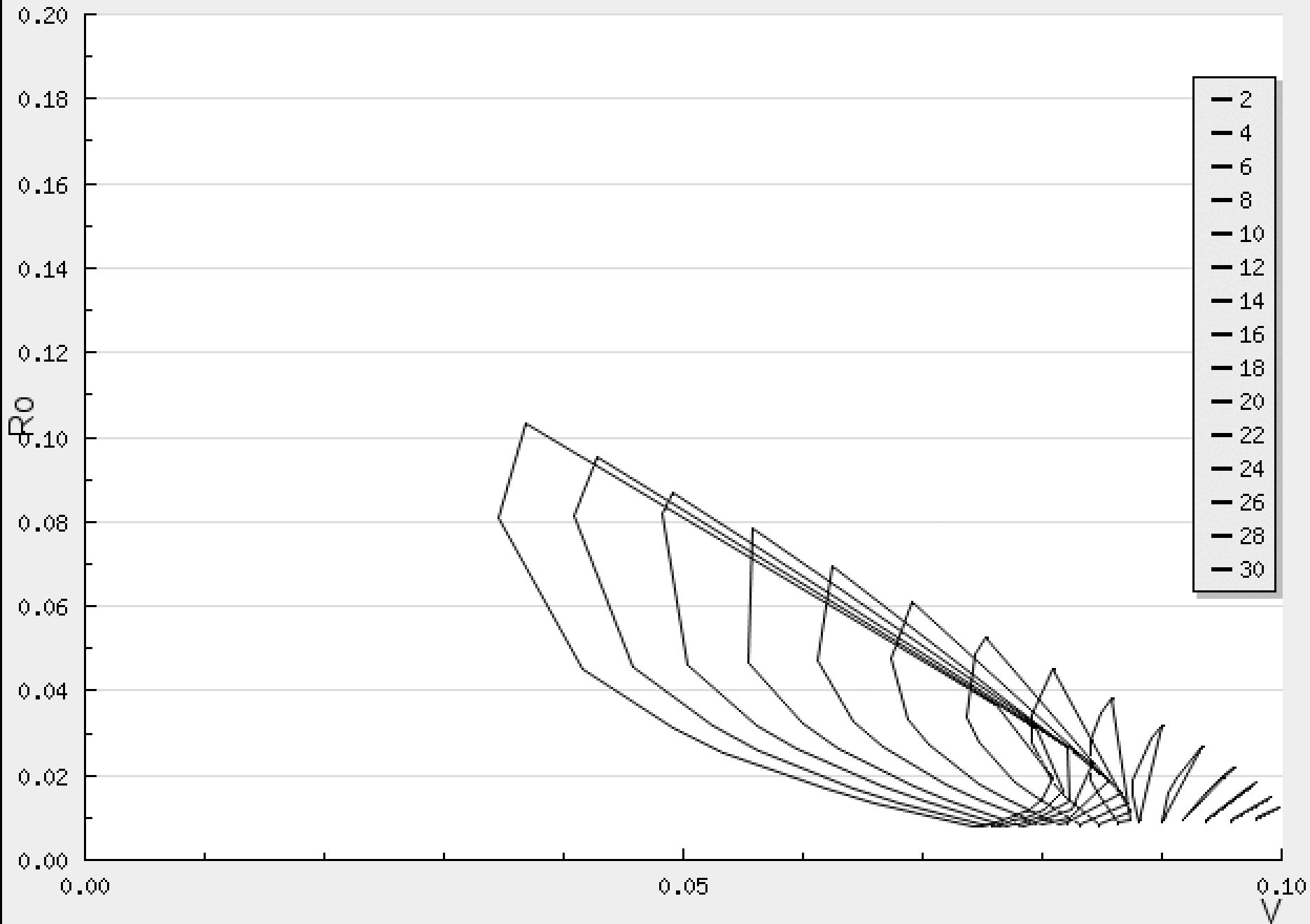
# РППП КОНУС

## Информационный граф СРЗ



# Set of approachability

$$J(u) = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2$$



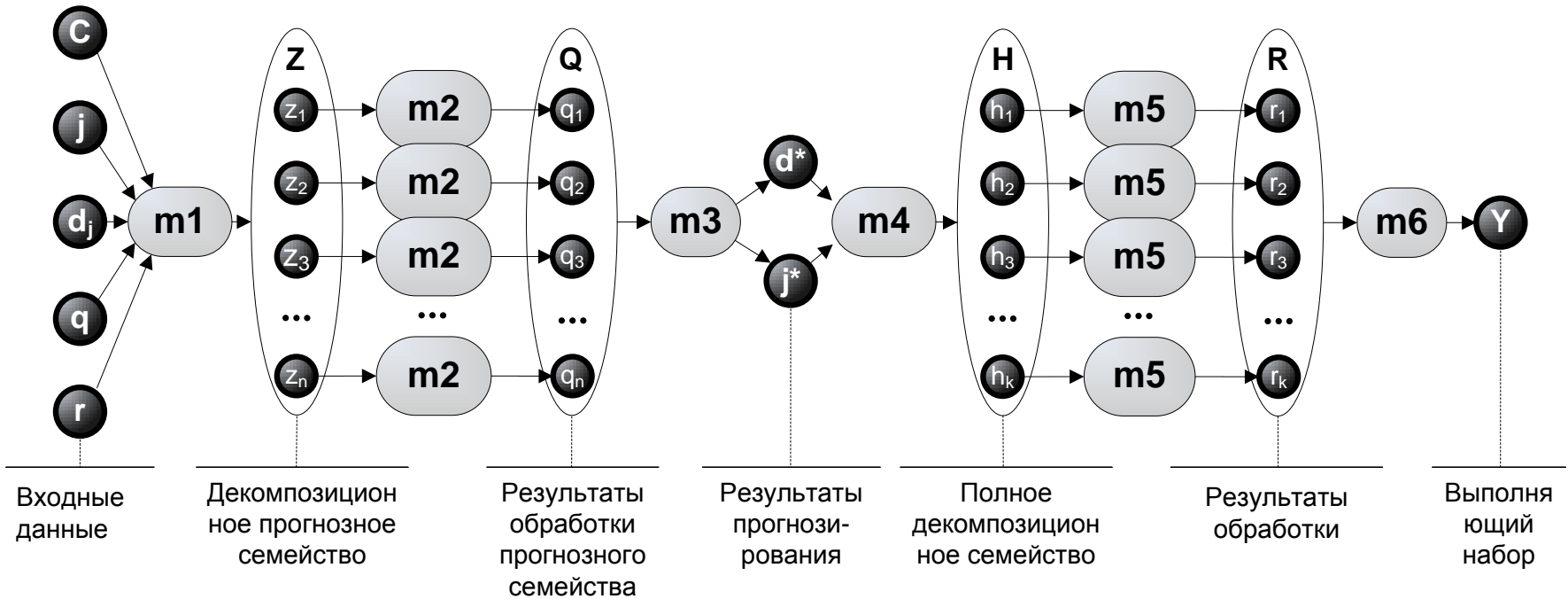
# РППП D-SAT

РППП D-SAT реализует технологию крупноблочного решения SAT-задач и применяется, главным образом, при решении задач обращения дискретных функций.

- Ключевые особенности РППП D-SAT:
  - **кросс-платформенность модулей**, входящих в РППП, что позволяет использовать в процессе распределенных вычислений весь потенциал доступных разнородных невыделенных рабочих станций;
  - использование **управляющих конструкций** для построения наиболее эффективных схем решения задачи и снижения избыточности вычислений;
  - использование **механизма минимизации транспортных расходов**.

# РППП D-SAT

## Информационный граф СРЗ



# РППП D-SAT

## Вычислительные эксперименты

Описание КНФ	Время решения SAT-задачи на одном вычислительном узле	Время решения без механизмов устранения вычислительной избыточности	Время решения с устранением вычислительной избыточности
Генератор Гиффорда	14 – 30 ч.	1 ч. – 2 ч.	<b>30 – 60 мин.</b>
Суммирующий генератор	20 мин. – 2 ч.	10 – 30 мин.	<b>2 – 6 мин.</b>
Пороговый генератор	3 суток	30 – 120 мин.	<b>6 – 10 мин.</b>

# Выводы

- Разработанные средства позволяют сократить сроки и повысить эффективность разработки и применения параллельных и распределенных пакетов прикладных программ.
- Архитектура и принципы работы рассмотренных инструментальных средств обеспечивают широкий спектр функциональных возможностей по разработке и применению таких пакетов для вычислительных систем различного типа.

# **Инструментальные средства организации параллельных вычислений в пакетах прикладных программ**

к.т.н. А.П. Новопашин

**к.т.н. И.А. Сидоров**

к.т.н. С.А. Горский

Институт динамики систем и теории управления СО РАН  
г. Иркутск



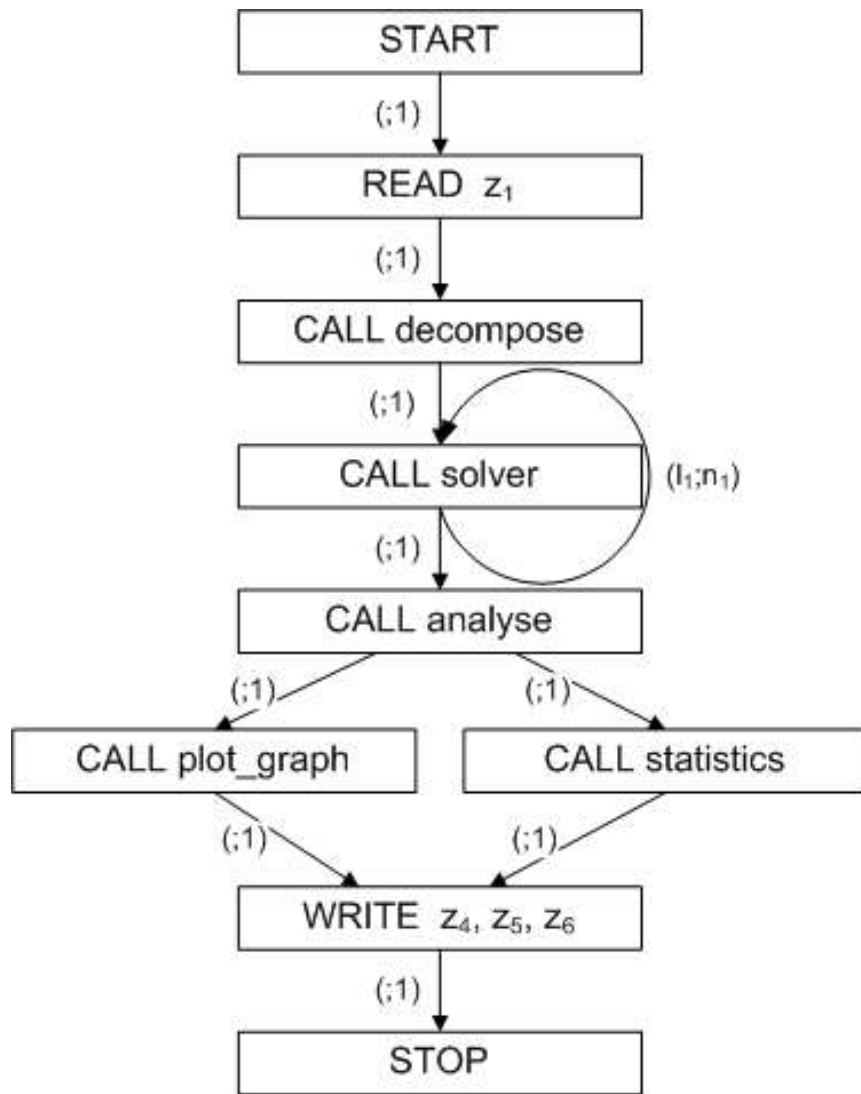


# Классы задач

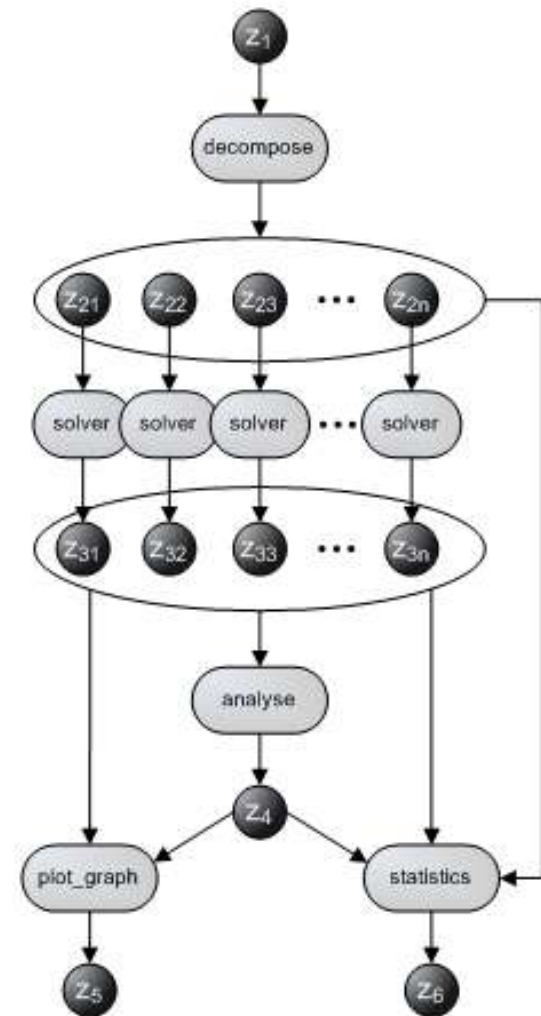
- решение задачи требует проведения расчетов на ЭВМ с использованием больших объемов вычислительных ресурсов (процессорного времени, оперативной памяти, дискового пространства и др.);
- возможна декомпозиция общей сложной задачи на более простые (с вычислительной точки зрения) подзадачи;
- процесс решения общей задачи подразумевает распределенное решение набора ее взаимосвязанных подзадач;
- не предполагается интенсивного взаимодействия между параллельными процессами решения подзадач;
- задача допускает декомпозицию данных на блоки и независимую параллельную обработку этих блоков;

# Управляющие конструкции. События

- *beforeStart* – подготовка к запуску модуля или яруса;
- *onFinish* – завершение работы модуля или яруса;
- *onFail* – некорректное завершение модуля;
- *onStop* – была произведена вынужденная остановка модуля;
- *onTimer* – периодическое событие, происходящее с определенным интервалом.



a)



b)

# Описание предметной области: параметры

```
<parameters>
```

```
  <param name='model' type='file'  
        filename='model.txt'  
        regexp='^\d+ \d+ \d+$' />
```

```
  <param name='dec_list' type='filelist'  
        size='10' pattern='dec_%1.txt' />
```

```
  <param name='result_list' type='filelist'  
        pattern='result_%1.txt' />
```

```
</parameters>
```

# Описание предметной области:

## МОДУЛИ

```
<module name='decompose'>  
  
  <commands os='Windows'>  
    <start max_time='10'>  
      decompose.exe {param:model}  
    </start>  
  </commands>  
  
  <parameters>  
    <input><param name='model' /></input>  
    <output><param name='dec_list' /></output>  
  </parameters>  
  
</module>
```

# Пользовательский web-интерфейс



**DISCOMP** - *Distributed Computing System of Modular Programming*

Version: 0.2c

- » Nodes
- » Processes
- » Users
- » Log
- » Change password
- » Logout
- » Help

## Nodes list ([Refresh](#))

Id	Busy	IP	Hostname	Ping	Process	Module	Exec time	Uptime
0	Red	192.168.10.101	irc-1.mvs.icc.ru:0	17	test.scheme1	test.solver [el:1]	2	2 min.
1	Red	192.168.10.101	irc-1.mvs.icc.ru:2	6	test.scheme1	test.solver [el:2]	2	2 min.
2	Red	192.168.10.101	irc-1.mvs.icc.ru:1	8	test.scheme1	test.solver [el:3]	2	2 min.
3	Green	192.168.10.97	sidorov.icc.ru:1	14			0	2 min.
4	Red	192.168.10.101	irc-1.mvs.icc.ru:3	12	test.scheme1	test.solver [el:4]	2	2 min.
5	Green	192.168.10.97	sidorov.icc.ru:3	13			0	2 min.
6	Green	192.168.10.97	sidorov.icc.ru:0	13			0	2 min.
7	Green	192.168.10.97	sidorov.icc.ru:2	21			0	2 min.