



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
Суперкомпьютерные дни в России

Study of the Algorithms Information Structure as the Basis of a Training Workshop

А.С.Антонов, Н.И.Волков

НИВЦ МГУ имени М.В.Ломоносова

asa@parallel.ru

28 сентября, 2021

Информационная структура – основа анализа свойств программ и алгоритмов

Фрагмент программы и его граф алгоритма (информационный граф):

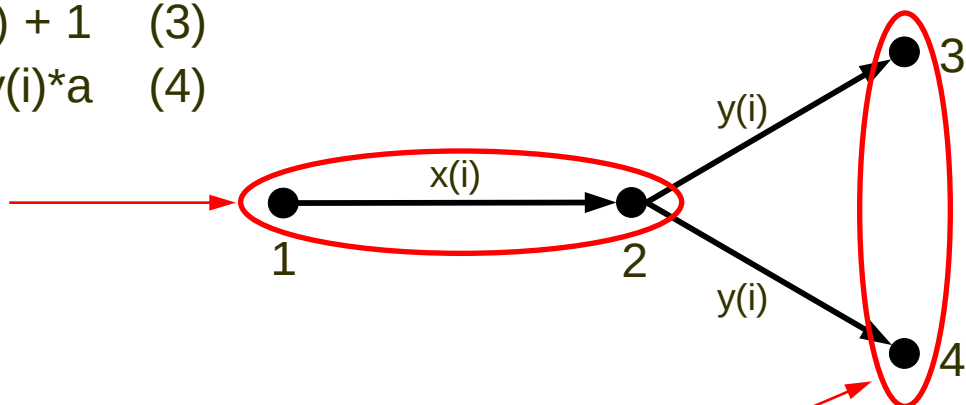
$$x(i) = a + b(i) \quad (1)$$

$$y(i) = 2 * x(i) - 3 \quad (2)$$

$$t1 = y(i) * y(i) + 1 \quad (3)$$

$$t2 = b(i) - y(i) * a \quad (4)$$

*Исполнять только
последовательно !*

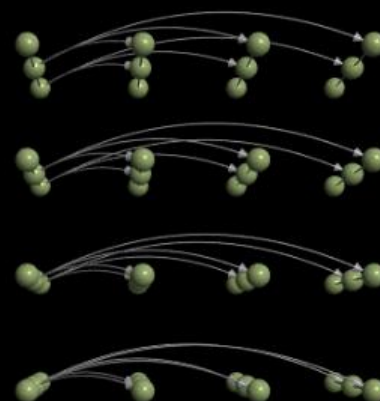
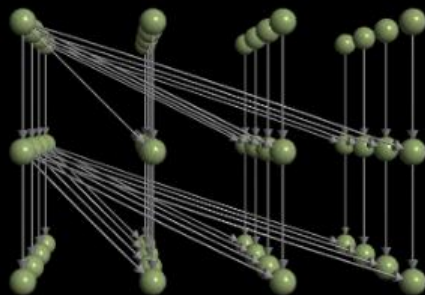
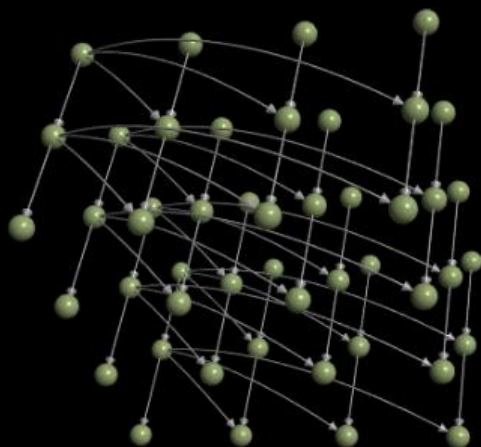
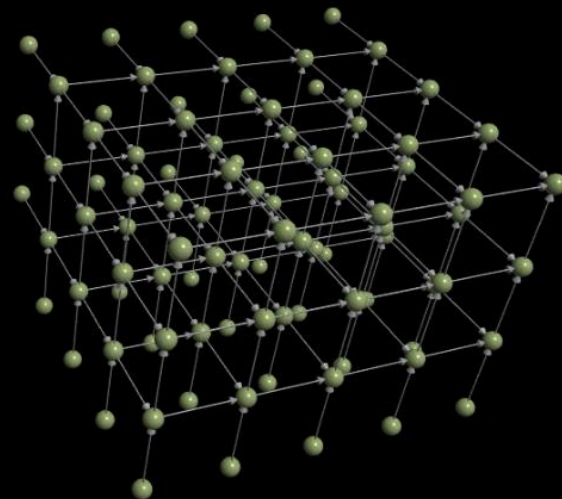
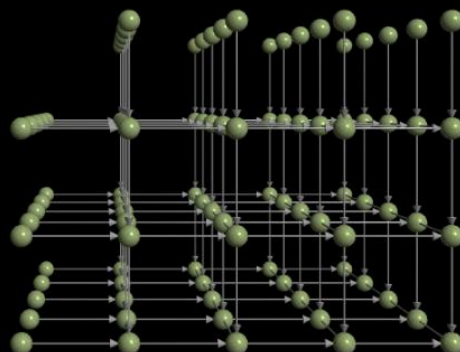
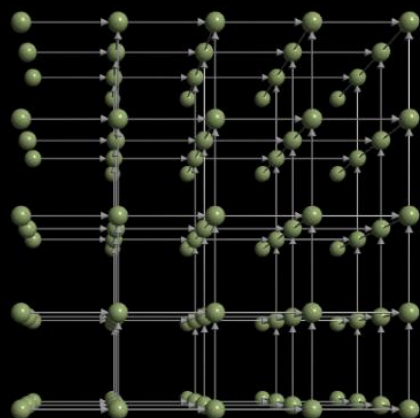


*Можно исполнять
параллельно !*

Информационная зависимость определяет критерий эквивалентности преобразований программ.

Информационная независимость определяет ресурс параллелизма программы.

Система визуализации информационной структуры алгоритмов и программ AlgoView



Открытая энциклопедия свойств алгоритмов AlgoWiki

Проект при поддержке РФФ (2014-2018), соглашение
N 14-11-00190. Руководители - Дж.Донгарра, Вл.В.Воеводин

- сохранение авторства текстов;
- научная экспертиза описаний алгоритмов;
- описания алгоритмов на русском и английском языках;
- свободное участие в проекте посредством Wiki-технологий.

Алговики

← → 🏠 https://algowiki-project.org/ru/Открытая_энциклопедия 🔍 Поиск

AlgoWiki Main page Обсуждение Читать Править История

Открытая энциклопедия свойств алгоритмов

Добро пожаловать! Присоединяйтесь!

AlgoWiki - это открытая энциклопедия по **свойствам алгоритмов** и **особенностям их реализации** на различных программно-аппаратных платформах от мобильных платформ до эксафлопсных суперкомпьютерных систем с возможностью участия в работе всего мирового вычислительного сообщества.

Цель **AlgoWiki** - дать исчерпывающее описание алгоритма, которое поможет оценить его применимость применительно к конкретной параллельной вычислительной платформе. Кроме классических свойств алгоритмов (например, последовательной сложности) в AlgoWiki добавлены дополнительные сведения, составляющие совокупности: картина об алгоритме, оценочная сложность, параллельная структура, детерминированность, оценка локальности данных, эффективность, масштабируемость, коммуникационный профиль конкретной реализации и многие другие.

Подробнее: О проекте

Структура проекта

Классификация алгоритмов - основной раздел AlgoWiki, содержащий описания всех алгоритмов. Алгоритмы добавляются в подходящий раздел классификации, при необходимости классификация расширяется за счет новых разделов.

Образцовая статья

Разложение Холецкого (метод квадратного

Изображение дня

Производительность умножения плотных матриц

Организация работы

- Структура описания свойств алгоритмов
- Руководства по заполнению разделов описания
- Готовность статей
- Результаты прогона алгоритмов
- Глоссарий
- Помощь

Участники проекта

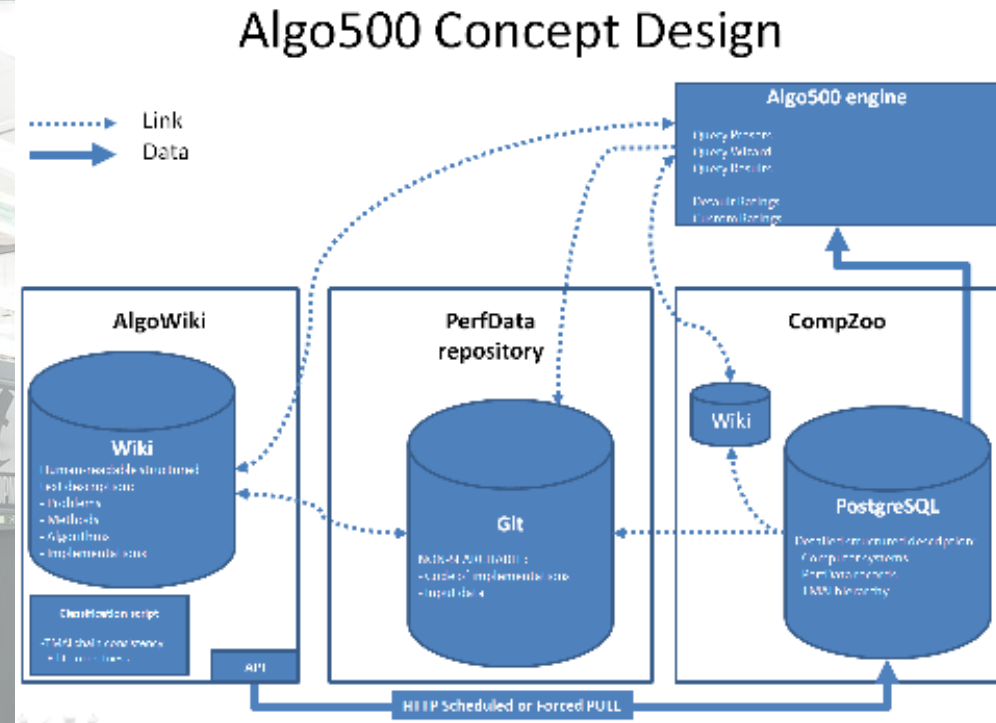
Сайт проекта: <http://algowiki-project.org>

Открытая энциклопедия свойств алгоритмов AlgoWiki

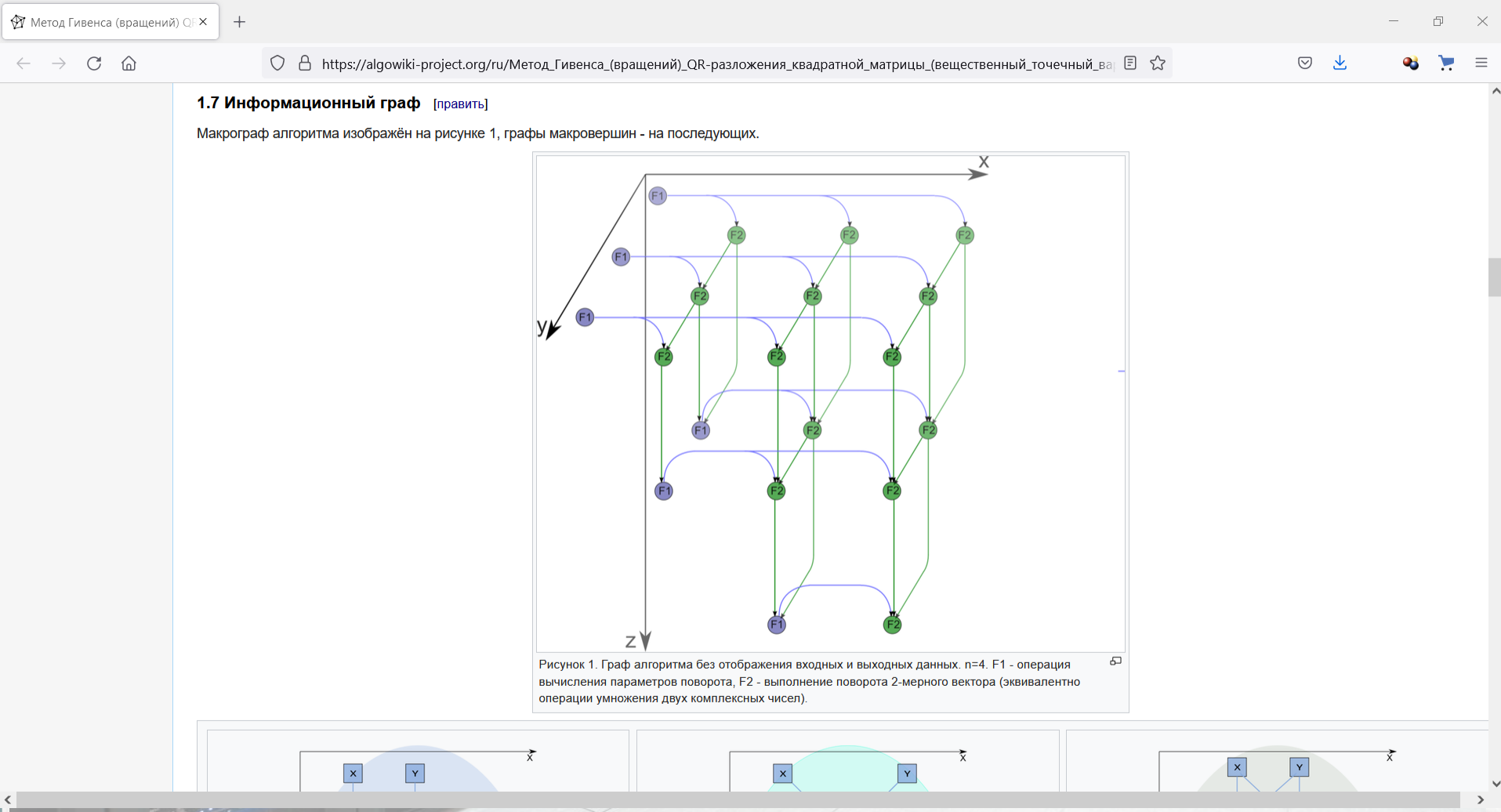
Проект при поддержке РФФ (2020-2022), соглашение
N 20-11-20194. Руководитель - Вл.В.Воеводин

Масштабируемая цифровая платформа Algo500:

- объединяет данные о любых алгоритмах и архитектурах компьютеров,
- позволяет с единых позиций подходить к анализу свойств любого алгоритма применительно к особенностям любой архитектуры,
- даёт возможность вычислительному сообществу дополнять и уточнять базу алгоритмов, их реализаций, вносить данные об их выполнении на различных вычислительных системах,
- позволяет любому исследователю формировать по запросу произвольные индивидуальные рейтинговые списки.

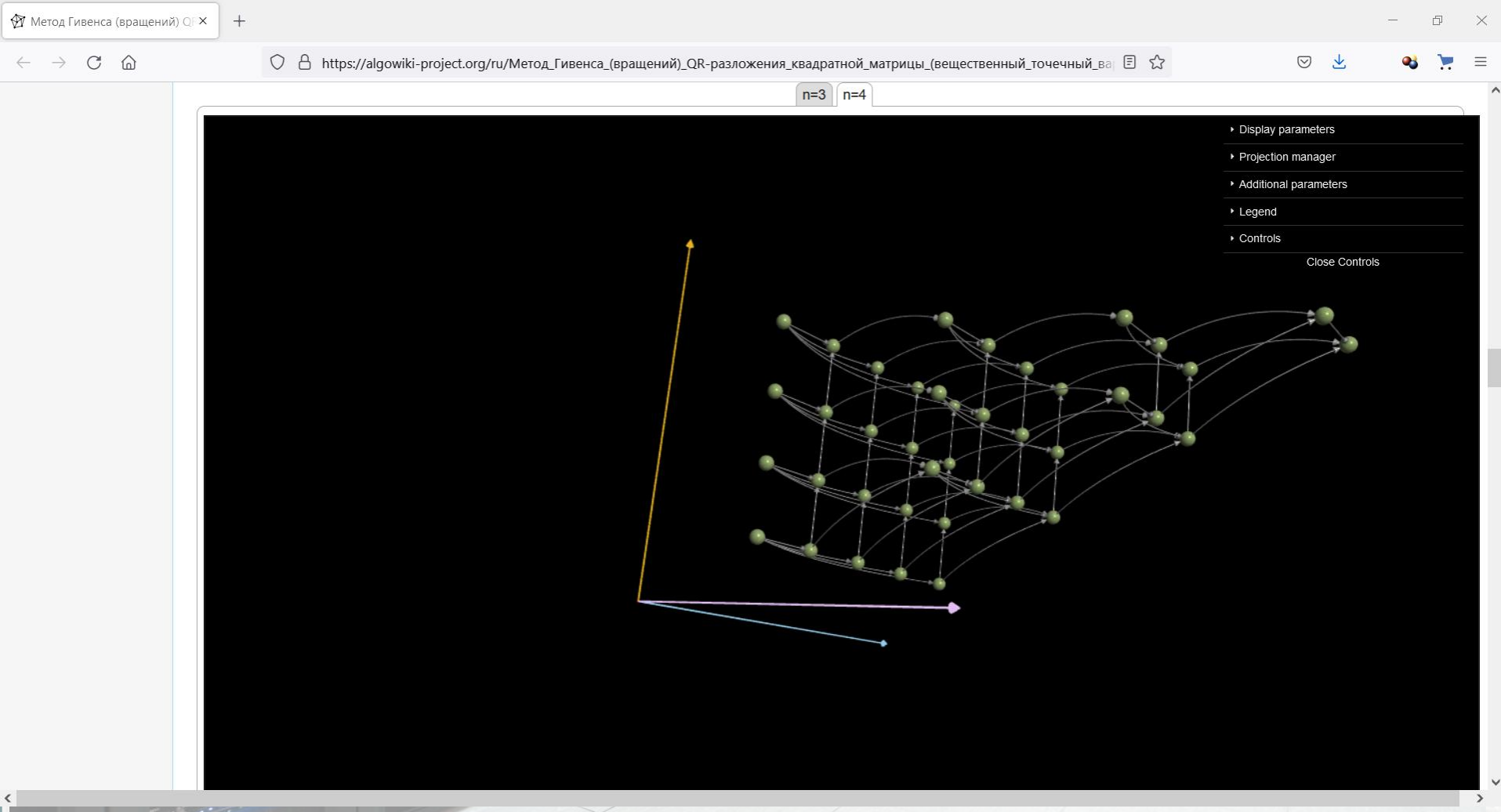


Визуализация информационной структуры в энциклопедии AlgoWiki



Информационный граф метода Гивенса (вращений)
QR-разложения квадратной матрицы

Визуализация информационной структуры в энциклопедии AlgoWiki



Информационный граф метода Гивенса (вращений)
QR-разложения квадратной матрицы

Язык описания информационной структуры алгоритмов Algolang

Расширенная форма Бэкуса-Наура для основных конструкций языка:

```
<Algorithm> ::= <algo><Parameters> { <Block> } </algo>
<Parameters> ::= <params>{ <Parameter> } </params>
<Parameter> ::= <param name = "<Name>" type = "<Type>[value
= "<Number>"]></param>
<Type> ::= int |float
<Block> ::= <block[id = "<Number>" ] dims =
"<Number>">{Argument
<Argument> ::= <arg
"<RegExp>..<RegExp>
<Vertex> ::= <vertex
"<Number>">{Source}
<Source> ::= <in [bsr
"<RegExp>{,<RegExp>
```

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<algo>
  <params>
    <param name = "N" type = "int" value = "10"></param>
  </params>
  <block id = "0" dims = "2">
    <arg name = "i" val = "1..N"></arg>
    <arg name = "j" val = "1..N"></arg>
    <vertex condition = "(2 * i + j) <= (N + 1)" type = "1">
      </vertex>
    <vertex condition = "((2 * i + j) > (N + 1)) and ((i + j) <= N)" type = "1">
      <in src = "i - 1, j + 2 * (N + 1 - i - j)"></in>
    </vertex>
    <vertex condition = "((i + j) > N) and ((2 * i + j) <= (2 * N))" type = "1">
      <in src = "i, j - 1 - 2 * ((i + j) - N - 1)"></in>
    </vertex>
    <vertex condition = "((2 * i + j) > (2 * N)) and ((i + j) <= (2 * N - 1))" type = "1">
      <in src = "i - 1 * (2 * i + j - 2 * N), 1"></in>
    </vertex>
    <vertex condition = "((i + j) > (2 * N - 1))" type = "1">
      </vertex>
    </block>
  </algo>
```


Суперкомпьютерные технологии и моделирование (кратко о курсе)

Содержание курса:

- вычислительно сложные задачи в различных прикладных областях;
 - архитектурные особенности современных процессоров, новые подходы к созданию высокопроизводительных систем;
 - введение в анализ параллельной структуры алгоритмов;
 - масштабируемые алгоритмы для сверхпараллельных суперкомпьютерных систем: проблемы и перспективы;
 - алгоритмические подходы для решения задач в различных прикладных областях: турбулентность, молекулярная динамика, изменения климата, суперкомпьютерный дизайн лекарств...;
 - дополнительные главы технологий параллельного программирования MPI, OpenMP и CUDA и другие...
 - Лекции + **комплекс практических заданий**.
 - Односеместровый курс, 2 пары в неделю.
-
- Апробация. Шестый полный цикл: 2016 г. (246 студентов), 2017 г. (207 студентов), 2018 г. (212 студентов), 2019 г. (208 студентов), 2020 г. (209 студентов), 2021 г. (235 студентов).

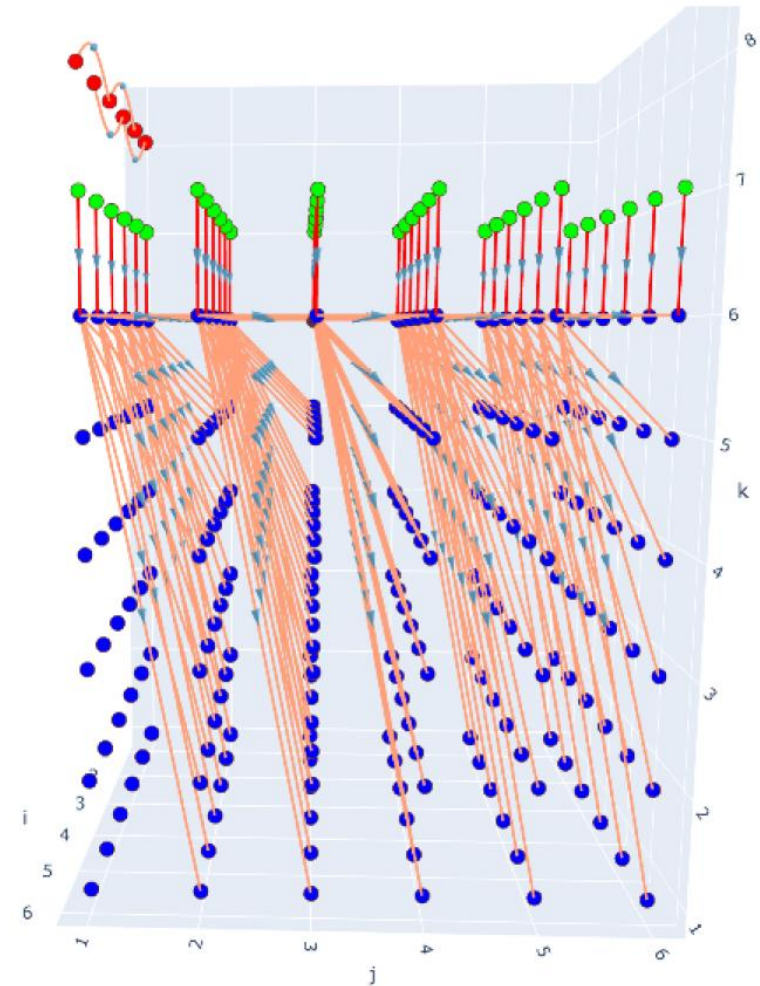
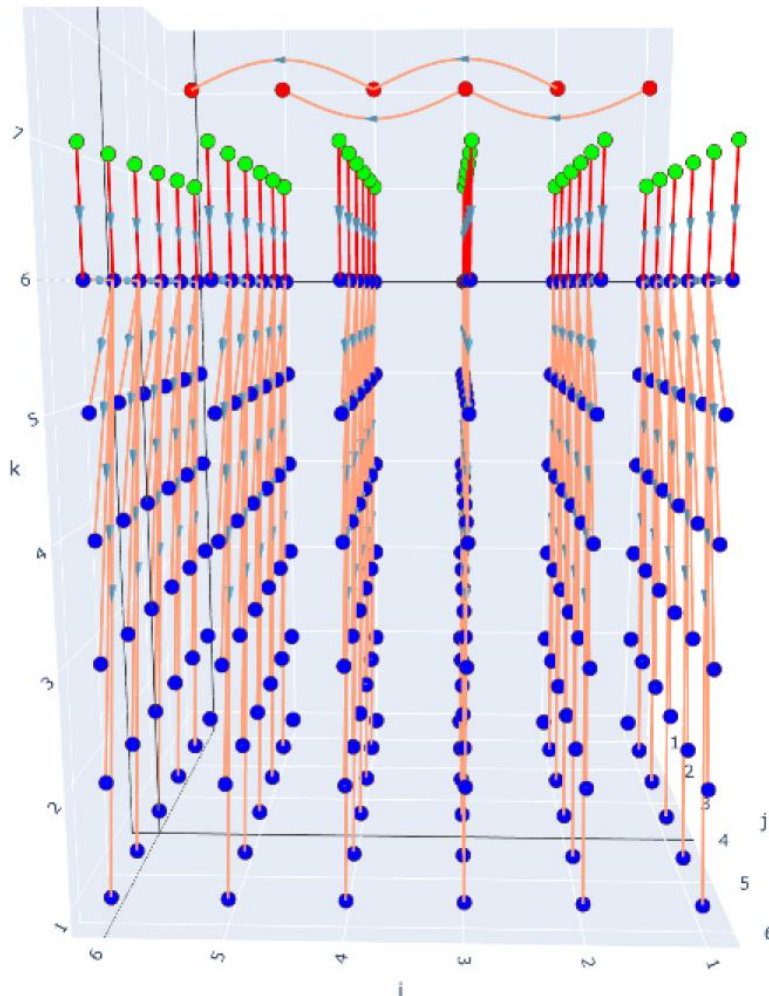


Практикум на исследование информационной структуры алгоритмов и программ

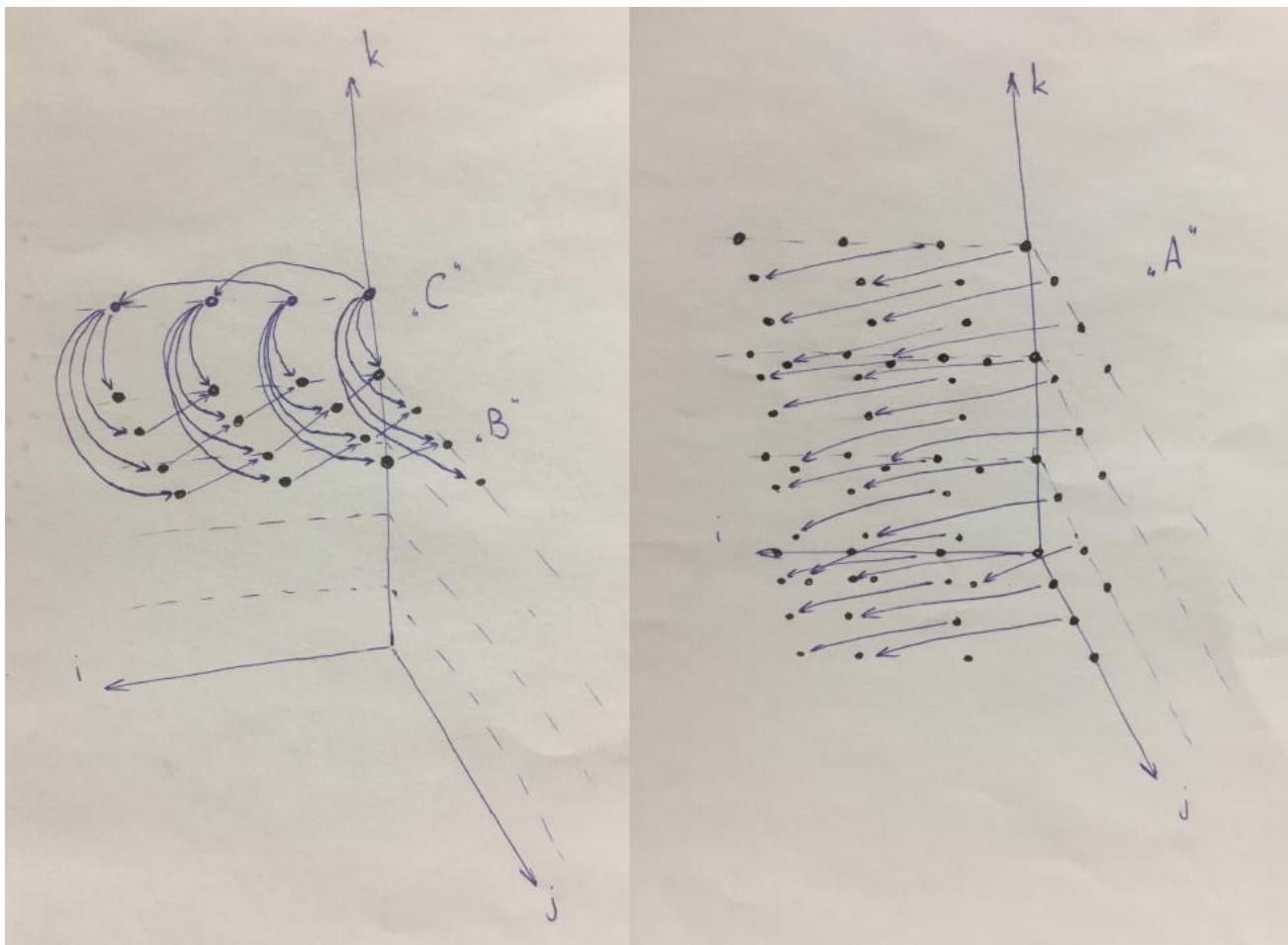
- *Задание: **Определить и провести анализ информационной структуры алгоритма или фрагмента кода программы.***
- *Как построить информационную структуру алгоритма?*
- *Как изобразить информационную структуру алгоритма? Вопрос только кажется простым...*
- *Если мы знаем (видим) информационную структуру, как описать потенциальный параллелизм ?*
- *...*



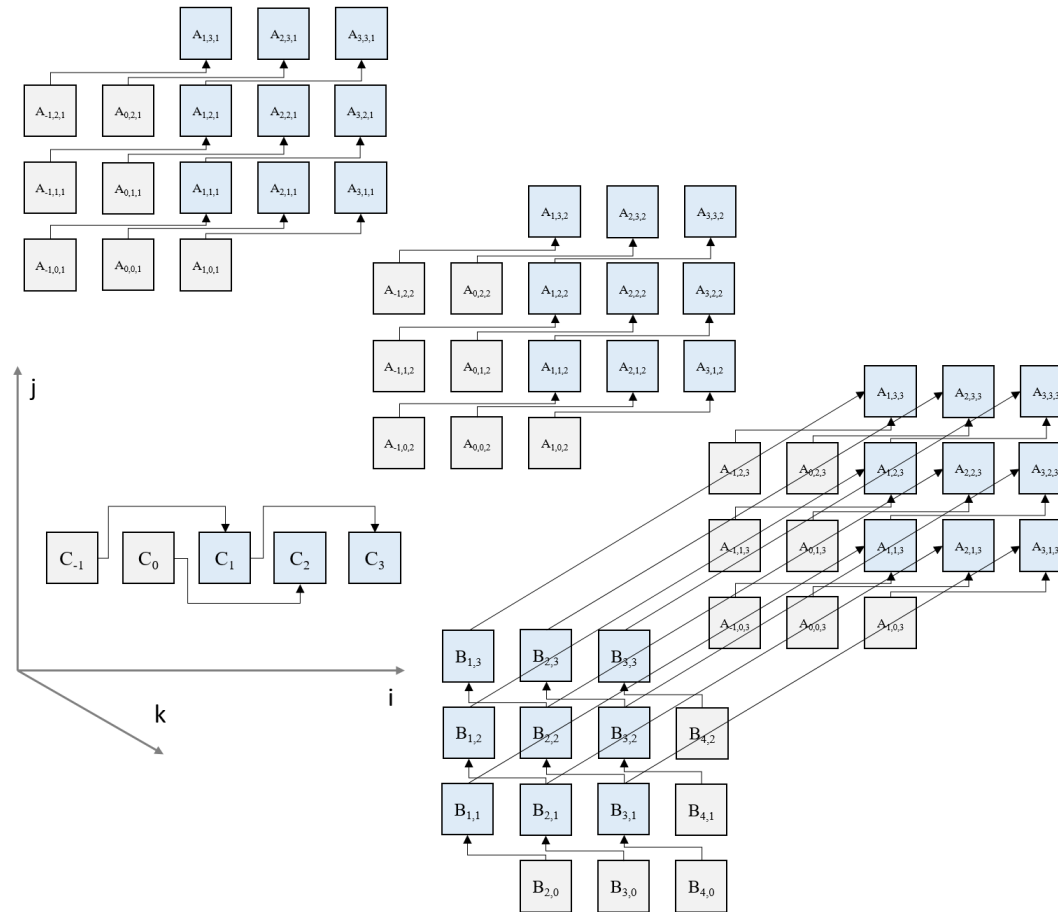
Практикум по информационной структуре, примеры из отчетов, 2019 г.



Практикум по информационной структуре, примеры из отчетов, 2019 г.



Практикум по информационной структуре, примеры из отчетов, 2019 г.



Отход от понятия информационного графа и изменение модели программы...



Практикум по информационной структуре, примеры из отчетов, 2019 г.

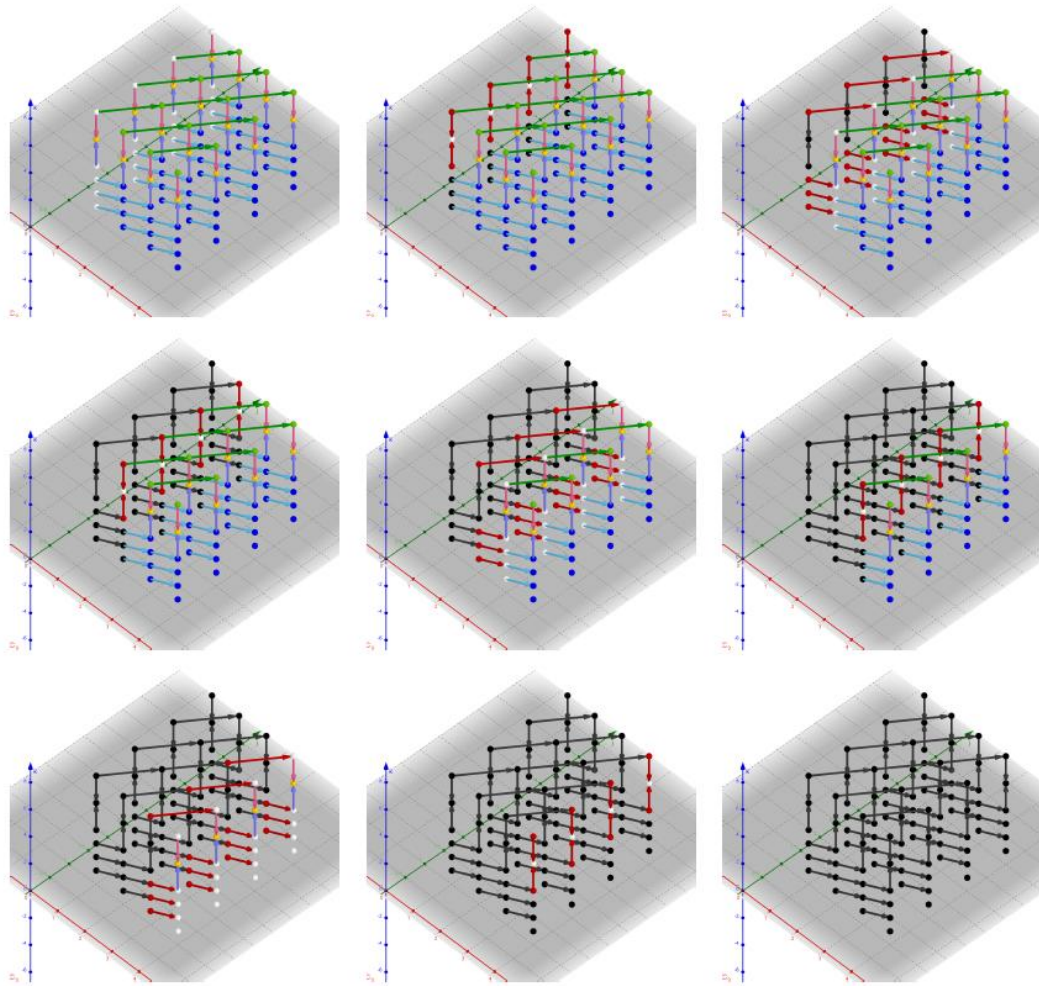


Иллюстрация параллельного исполнения программы согласно ЯПФ...



Система загрузки заданий AlgoLoad

Главная страница Мой профиль Выход

Пользователь: **ucmc2020ss001**

Добро пожаловать в систему AlgoLoad! Работа с системой производится в 2 этапа. Пройдя по ссылке "Загрузить задание", можно загрузить в систему файл с формальным описанием информационного графа нужного алгоритма в одном из поддерживаемых форматов. По ссылке "Просмотр результата" доступна визуализация последнего загруженного графа. Если никакой граф алгоритма ещё не загружался в систему, то там будет находиться тестовый пример. К загружаемому файлу можно написать сопроводительный комментарий.

[Загрузить задание](#)

[Просмотр результата](#)

Главная страница Мой профиль Выход

Загрузка задания

Комментарий к заданию

Загрузить описание графа

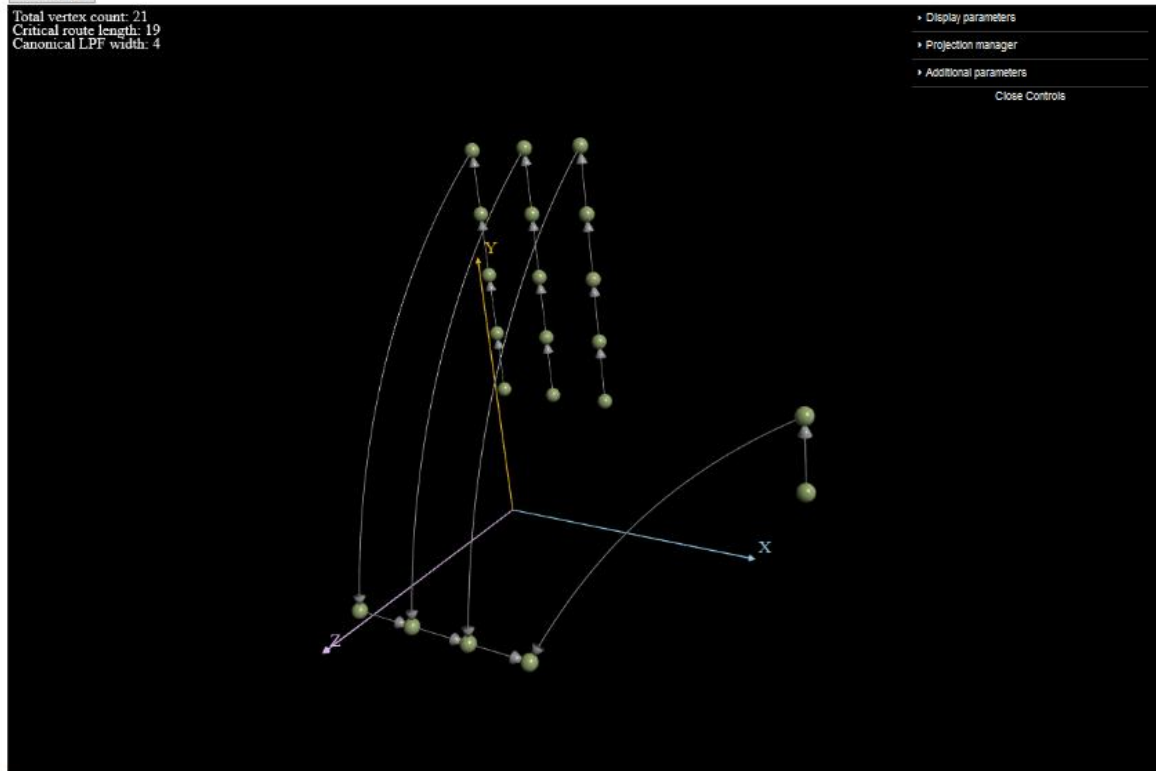
No file selected.

Главная страница Мой профиль Выход

Просмотр результата

Комментарий к результату

Total vertex count: 21
Critical route length: 19
Canonical LPF width: 4



[Загрузить другое задание](#)



Практикум на исследование информационной структуры алгоритмов и программ

Как задать фрагменты исследуемого кода программы для 200+ человек?

```
for(i = 2; i <= n+1; ++i)
  C[i] = C[i+p1] * e;
for(i = 2; i <= n+1; ++i)
  for(j = 2; j <= m+1; ++j)
    B[i][j] = B[i+p2][j+p3] + p4*C[i];
for(i = 2; i <= n+1; ++i){
  A[i][1][1]=(1-p4)*C[i]+B[i][m];
  for(j = 2; j <= m+1; ++j){
    for(k = 1; k <= n-1; ++k)
      A[i][j][k] = A[i][j][k] + p5*A[i-p6][j-(1-p6)][1] + (1-p5)*A[i-(1-p6)][j-p6][k];
  }
}
```

$p_1 = -2, -1$ (зависимость в одномерном гнезде)

$p_2 = -2, -1, 0, 1$ (зависимость по i в двумерном гнезде)

$p_3 = -2, -1, 0, 1$ (зависимость по j в двумерном гнезде)

$p_4 = 0, 1$ (дуги из одномерного гнезда идут либо в двумерное, либо в $A[i][1][1]$)

$p_5 = 0, 1$ (зависимость в трёхмерном гнезде либо от 1 итерации по k , либо от k)

$p_6 = 0, 1$ (зависимость в трёхмерном гнезде либо вдоль i , либо вдоль j)

Всего: $2*4*4*2*2*2=256$ вариантов



Практикум на исследование информационной структуры алгоритмов и программ

Определяемые свойства (часть выдаётся системой Algoview, часть нужно определить самостоятельно):

- Число вершин в информационном графе фрагмента (последовательная сложность).
- Длина критического пути в информационном графе (параллельная сложность).
- Ширина ярусно-параллельной формы (в тексте дайте пояснения, для какой именно ЯПФ приведено значение ширины).
- Максимальная глубина вложенности циклов.
- Число различных типов дуг (тип дуг определяется направляющим вектором и длиной).
- Наличие длинных дуг (т.е. дуг, длина которых зависит от внешних параметров).



Практикум на исследование информационной структуры алгоритмов и программ

Конкретный вариант задания получается подстановкой уникального набора значений параметров $p_1, \dots, p_6$.

Вариант 45:

$p_1 = -2$

$p_2 = -1$

$p_3 = -1$

$p_4 = 1$

$p_5 = 0$

$p_6 = 1$

```
1  for(i = 2; i <= n+1; ++i)
2      C[i] = C[i-2] * e;
3  for(i = 2; i <= n+1; ++i)
4      for(j = 2; j <= m+1; ++j)
5          B[i][j] = B[i-1][j-1] + C[i];
6  for(i = 2; i <= n+1; ++i){
7      A[i][1][1]=B[i][m];
8      for(j = 2; j <= m+1; ++j)
9          for(k = 1; k <= n-1; ++k)
10         A[i][j][k] = A[i][j][k] + A[i][j-1][k];
11 }
```



Практикум на исследование информационной структуры алгоритмов и программ

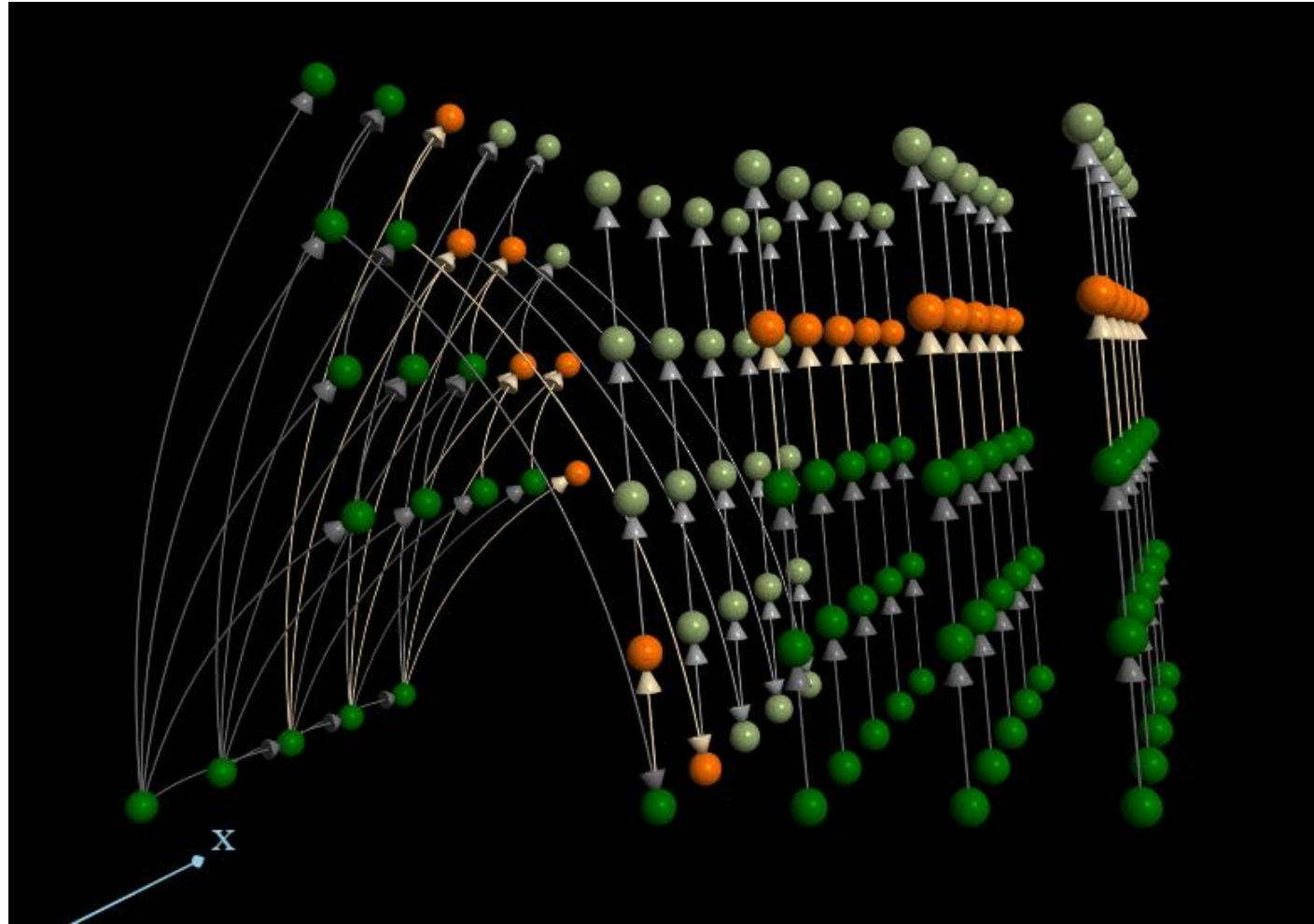
Описание
информационной
структуры фрагмента
на языке *Algolang*:

```
1  <?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"?>
2  <algo>
3    <params>
4      <param name = "N" type = "int" value = "5"></param>
5      <param name = "M" type = "int" value = "4"></param>
6    </params>
7    <block id = "0" dims = "1">
8      <arg name = "i" val = "2..N+1"></arg>
9      <vertex condition = "" type = "1">
10        <in src = "i - 2"></in>
11      </vertex>
12    </block>
13    <block id = "1" dims = "2">
14      <arg name = "i" val = "2..N+1"></arg>
15      <arg name = "j" val = "2..M+1"></arg>
16      <vertex condition = "" type = "1">
17        <in src = "i - 1, j - 1"></in>
18        <in bsrc = "0" src = "i"></in>
19      </vertex>
20    </block>
21    <block id = "2" dims = "3">
22      <arg name = "i" val = "2..N+1"></arg>
23      <arg name = "j" val = "1..M+1"></arg>
24      <arg name = "k" val = "1..N-1"></arg>
25      <vertex condition = "(j == 1) and (k == 1)" type = "1">
26        <in bsrc = "1" src = "i, M"></in>
27      </vertex>
28      <vertex condition = "(j > 1) or (k > 1)" type = "1">
29        <in src = "i, j - 1, k"></in>
30      </vertex>
31    </block>
32  </algo>
```



Практикум на исследование информационной структуры алгоритмов и программ

Визуализация в
системе
AlgoView:



Практикум на исследование информационной структуры алгоритмов и программ

Результаты выполнения практического задания в 2020 г.:

Сдано работ	173
5 (отлично)	136 (78.6%)
4 (хорошо)	32 (18.5%)
3 (удовлетворительно)	2 (1.2%)
2 (неудовлетворительно)	3 (1.7%)
Средняя оценка	4.74





НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
Суперкомпьютерные дни в России

Study of the Algorithms Information Structure as the Basis of a Training Workshop

А.С.Антонов, Н.И.Волков

НИВЦ МГУ имени М.В.Ломоносова

asa@parallel.ru

28 сентября, 2021