Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Международная летняя суперкомпьютерная Академия

Математические основы параллельных вычислений

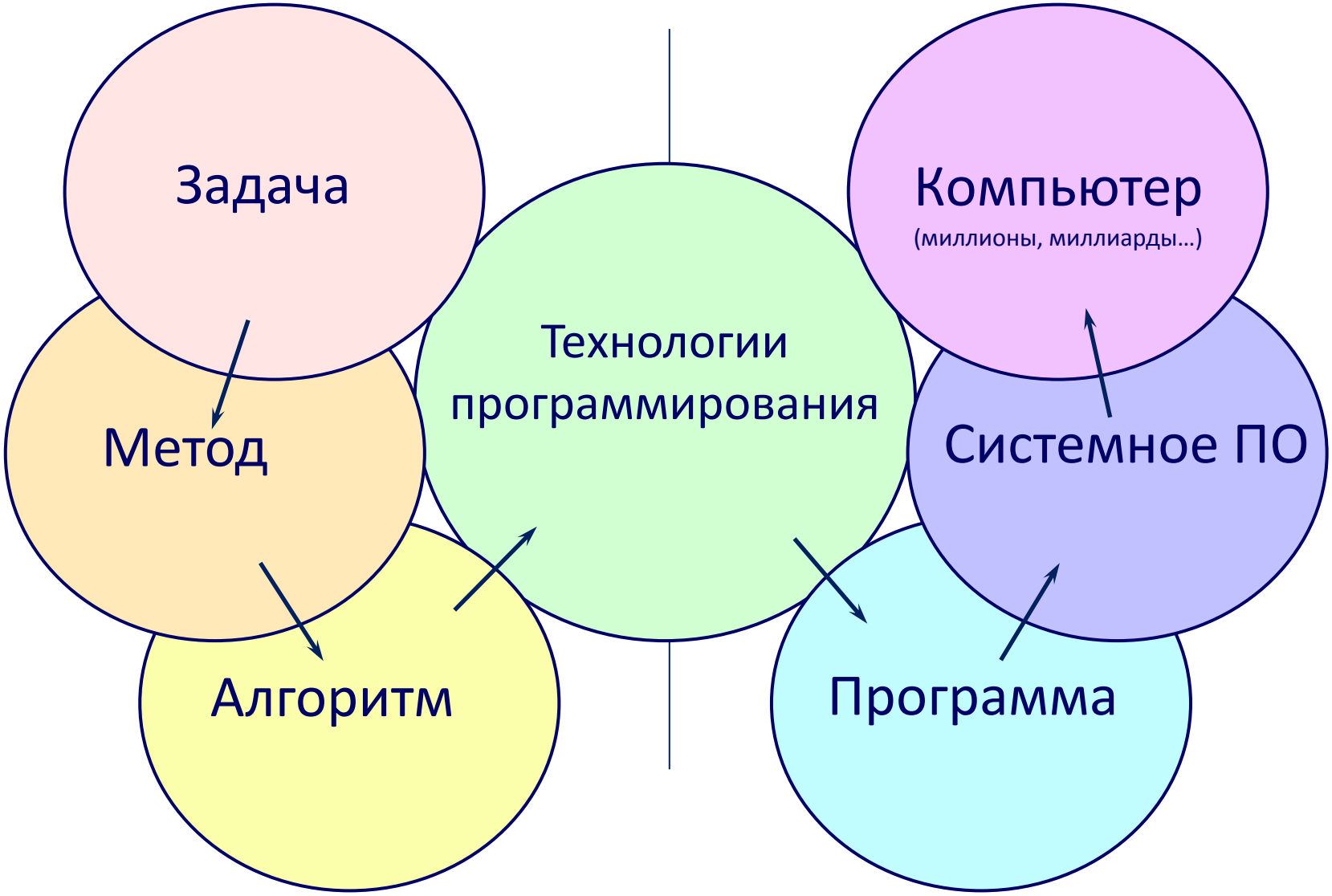
Воеводин Вл.В.
Зам.директора НИВЦ МГУ
Зав.кафедрой Суперкомпьютеров и квантовой информатики ВМК МГУ

voevodin@parallel.ru

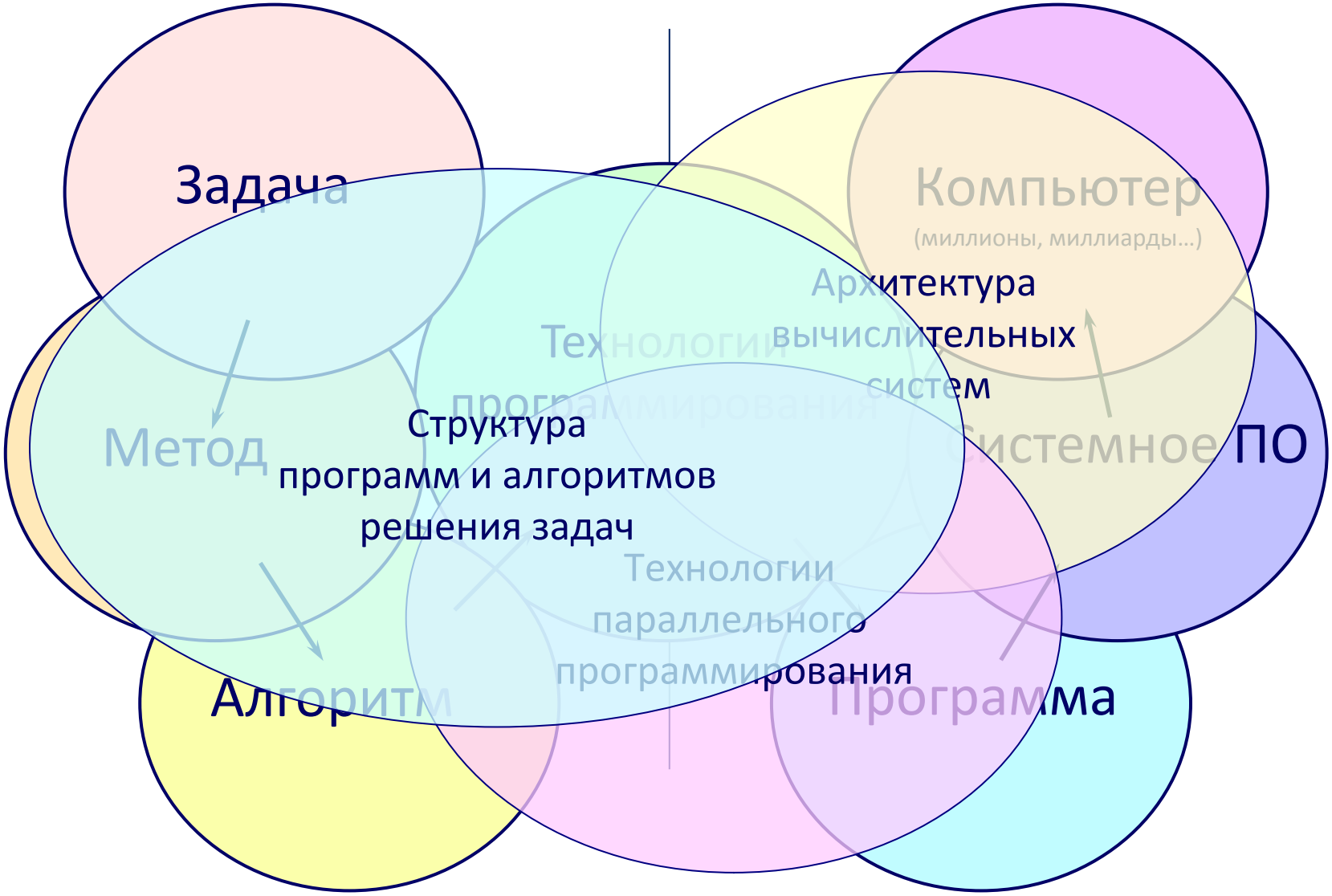
24 июня 2015 г., МГУ, Москва

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ

Решение задачи на компьютере



Решение задачи на компьютере



Почему важно понимать как написаны программы?

Pascal? Fortran? C? C++?

Пользователь: почему?

$A_{ijk} = A_{i-1jk} + B_{jk} + B_{jk}$, i=1,40; j=1,40; k=1,1000

Cray C90, пиковая производительность 960 Mflop/s

```
do k = 1, 1000
   do j = 1, 40
      do i = 1, 40
         A(i,j,k) = A(i-1,j,k)+B(j,k)+B(j,k)
```

Производительность: **20** Mflop/s на Cray C90

Пользователь: почему?

$A_{ijk} = A_{i-1jk} + B_{jk} + B_{jk}$, i=1,40; j=1,40; k=1,1000

Cray C90, пиковая производительность 960 Mflop/s

```
do i = 1, 40, 2
   do j = 1, 40
      do k = 1, 1000
         A(i,j,k) = A(i-1,j,k)+2*B(j,k)
         A(i+1,j,k) = A(i,j,k)+2*B(j,k)
```

Производительность: **700** Mflop/s на Cray C90

Почему важно понимать как написаны программы?

Pascal? Fortran? C? C++?

Почему важно знать как устроены алгоритмы?

Умножение матриц: все ли просто?

Фрагмент исходного текста:

```
for( i = 0; i < n; ++i)
    for( j = 0; j < n; ++j)
        for( k = 0; k < n; ++k)
            A[i][j] = A[i][j] + B[i][k]*C[k][j]
```

Порядок циклов: (i, j, k)

Возможен ли порядок:

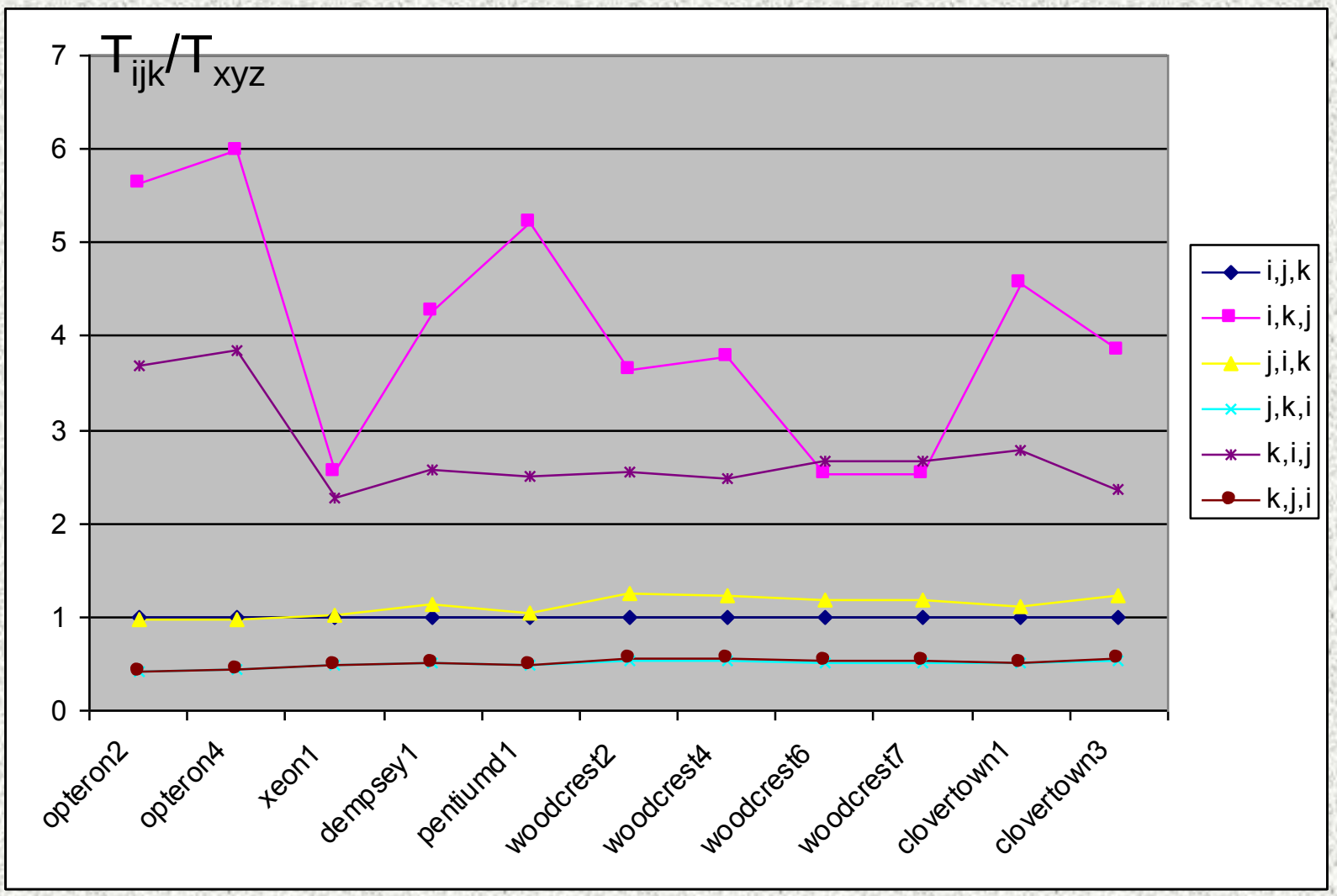
(i, k, j) - ?	ДА
(k, i, j) - ?	ДА
(k, j, i) - ?	ДА
(j, i, k) - ?	ДА
(j, k, i) - ?	ДА

Почему возможен другой порядок?

А зачем нужен другой порядок?

Умножение матриц: все ли просто?

(сравнение с порядком (i, j, k))



Графовые модели программ

Будем представлять программы с помощью графов: набор вершин и множество соединяющих их направленных дуг.

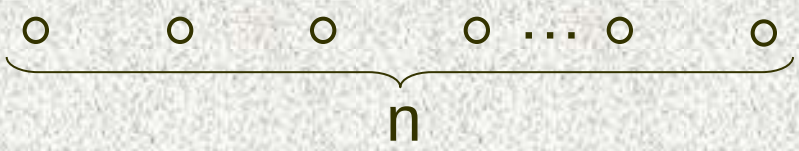
Вершины: процедуры, циклы, линейные участки, операторы, итерации циклов, срабатывания операторов…

Графовые модели программ

Будем представлять программы с помощью графов: набор вершин и множество соединяющих их направленных дуг.

Вершины: итерации циклов.

```
for( i = 0; i < n; ++i) {
    A[i] = A[i – 1] + 2;
    B[i] = B[i] + A[i];
}
```



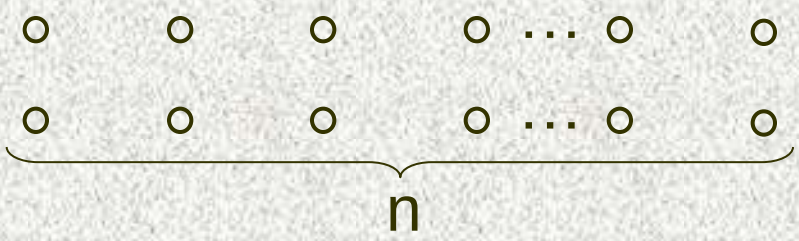
Каждая вершина соответствует двум операторам (телу цикла), выполненным на одной и той же итерации цикла.

Графовые модели программ

Будем представлять программы с помощью графов: набор вершин и множество соединяющих их направленных дуг.

Вершины: срабатывания операторов.

```
for( i = 0; i < n; ++i) {
    A[i] = A[i – 1] + 2;
    B[i] = B[i] + A[i];
}
```



Каждая вершина соответствует одному из двух операторов тела данного цикла, выполненному на некоторой итерации.

Графовые модели программ

Будем представлять программы с помощью графов: набор вершин и множество соединяющих их направленных дуг.

Вершины: процедуры, циклы, линейные участки, операторы, итерации циклов, срабатывания операторов…

Дуги: отражают связь (отношение) между вершинами.
Выделяют два типа отношений:
- *операционное отношение,*
- *информационное отношение.*

Графовые модели программ

Будем представлять программы с помощью графов: набор вершин и множество соединяющих их направленных дуг.

Дуги: операционное отношение:

Две вершины A и B соединяются направленной дугой тогда и только тогда, когда вершина B может быть выполнена сразу после вершины A.

Операционное отношение = отношение по передаче управления.

Графовые модели программ

Будем представлять программы с помощью графов: набор вершин и множество соединяющих их направленных дуг.

Дуги: операционное отношение:

x(i) = a + b(i) (1)
y(i) = 2*x(i) – 3 (2)
t1 = y(i)*y(i) + 1 (3)
t2 = b(i) – y(i)*a (4)

Графовые модели программ

Будем представлять программы с помощью графов: набор вершин и множество соединяющих их направленных дуг.

Дуги: информационное отношение:

Две вершины A и B соединяются направленной дугой тогда и только тогда, когда вершина B использует в качестве аргумента некоторое значение, полученное в вершине A.

Информационное отношение = отношение по передаче данных.

Графовые модели программ

Будем представлять программы с помощью графов: набор вершин и множество соединяющих их направленных дуг.

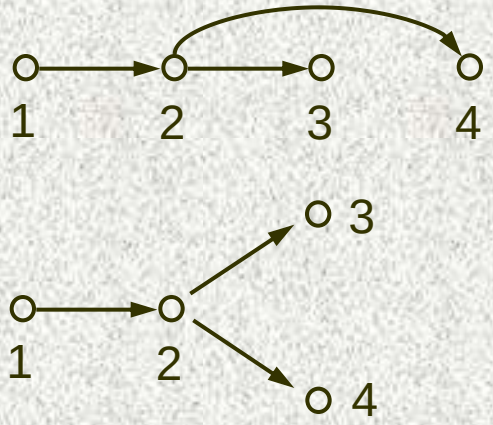
Дуги: информационное отношение:

x(i) = a + b(i) (1)

y(i) = 2*x(i) – 3 (2)

t1 = y(i)*y(i) + 1 (3)

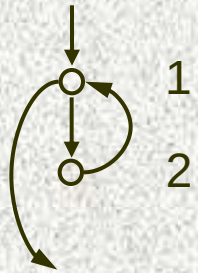
t2 = b(i) – y(i)*a (4)



Четыре основные модели программ

Граф управления программы.
Вершины: операторы
Дуги: операционное отношение

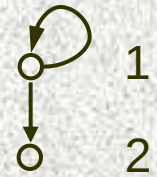
```
for( i = 0; i < n; ++i) {
    A[i] = A[i – 1] + 2;          (1)
    B[i] = B[i] + A[i];           (2)
}
```



Четыре основные модели программ

Информационный граф программы.
Вершины: операторы
Дуги: информационное отношение

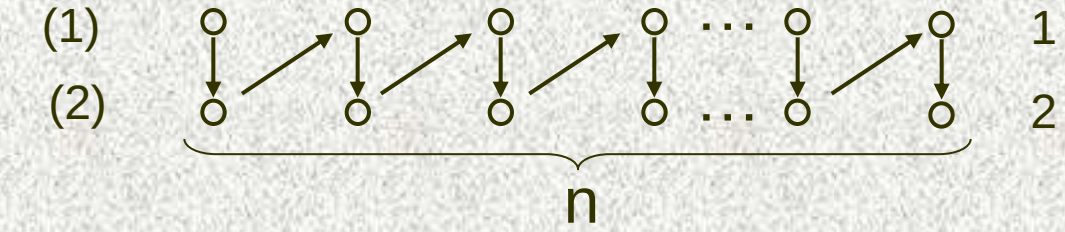
```
for( i = 0; i < n; ++i) {
    A[i] = A[i – 1] + 2;        (1)
    B[i] = B[i] + A[i];         (2)
}
```



Четыре основные модели программ

Операционная история программы.
Вершины: срабатывания операторов
Дуги: операционное отношение

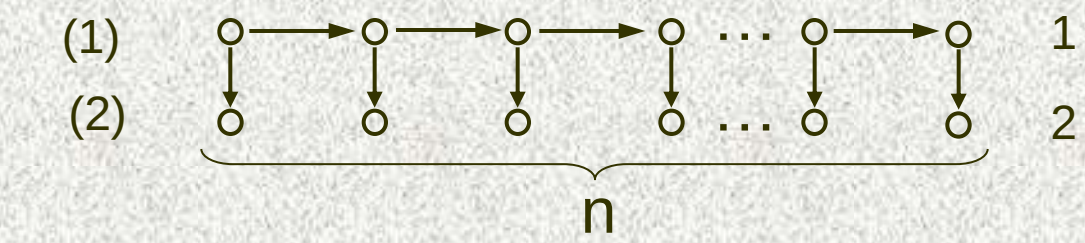
```
for( i = 0; i < n; ++i) {
    A[i] = A[i – 1] + 2;
    B[i] = B[i] + A[i];
}
```



Четыре основные модели программ

Информационная история программы.
Вершины: срабатывания операторов
Дуги: информационное отношение

```
for( i = 0; i < n; ++i) {
    A[i] = A[i – 1] + 2;
    B[i] = B[i] + A[i];
}
```

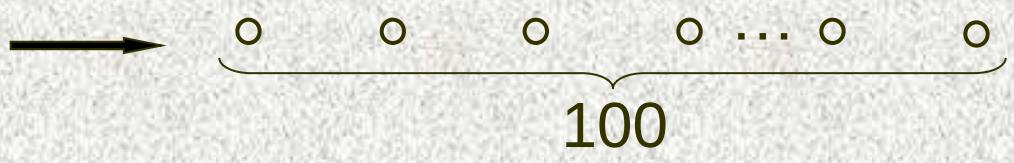


Несколько вопросов…

Может ли информационная история некоторого фрагмента программы иметь 100 вершин и ни одной дуги?

ДА.

```
for( i = 0; i < 100; ++i)
    A[i] = B[i] + C[i]*x;
```

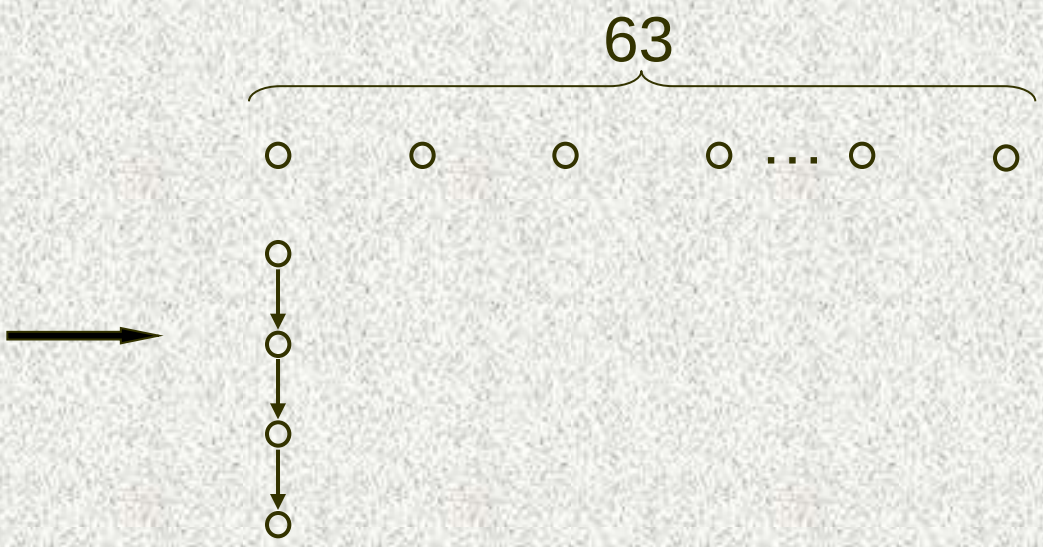


Несколько вопросов…

Может ли информационная история некоторого фрагмента программы иметь 67 вершин и 3 дуги?

ДА.

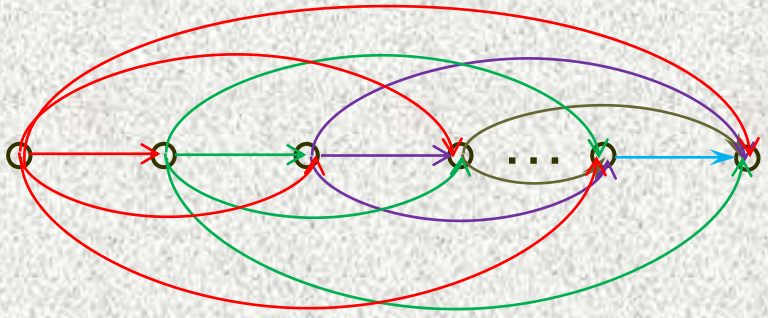
```
for( i = 0; i < 63; ++i)
    A[i] = B[i] + C[i]*x;
x1 = 10;
x2 = x1+1;
x3 = x2+2;
x4 = x3+3;
```



Несколько вопросов…

Может ли информационная история некоторого фрагмента программы иметь 20 вершин и 200 дуг?

Вспомним свойства информационной истории:
- ациклический граф,
- нет кратных дуг.



Макс.число дуг: (n-1) + (n-2) + (n-3) + … + 2 + 1 = n(n-1)/2*

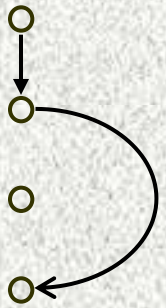
Ответ: НЕТ

Несколько вопросов…

Может ли граф управления некоторого фрагмента программы состоять из нескольких компонент связности?

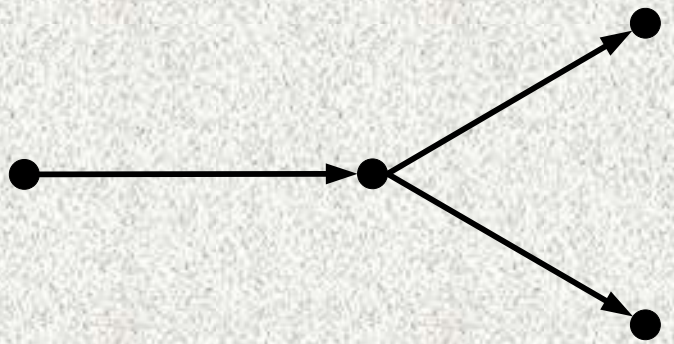
ДА.

```
x1 = 10;
x2 = x1+1; goto A;
x3 = x2+2; return;
A: x4 = x2+3;
```



Несколько вопросов…

Модель некоторого фрагмента программы в качестве подграфа содержит следующий граф:



Какой моделью могла бы быть исходная модель?

ГУ ИГ ~~ОИ~~ ИИ

Множество графовых моделей программ

(опорные точки)

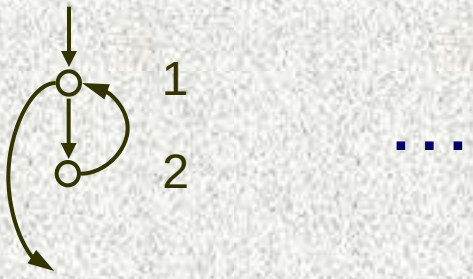
Операционные модели

Информационные модели

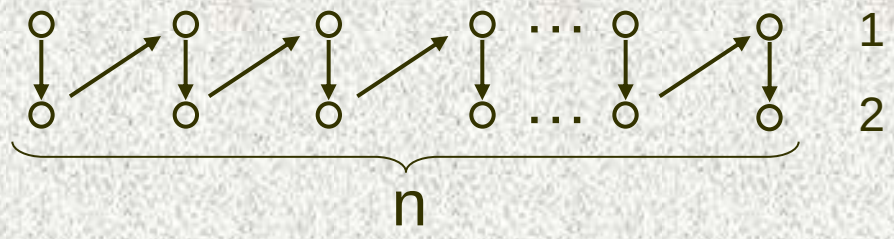
Компактные модели

Истории

Граф управления

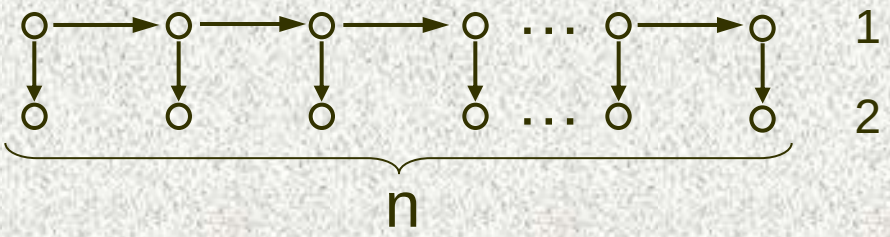


Операционная история



Информационный граф

Информационная история



Какое отношение выбрать для описания свойств программ?

Операционное отношение?

x(i) = a + b(i) (1)
y(i) = 2*x(i) – 3 (2)
t1 = y(i)*y(i) + 1 (3)
t2 = b(i) – y(i)*a (4)

Какое отношение выбрать для описания свойств программ?

Информационная структура – это основа анализа свойств программ и алгоритмов.

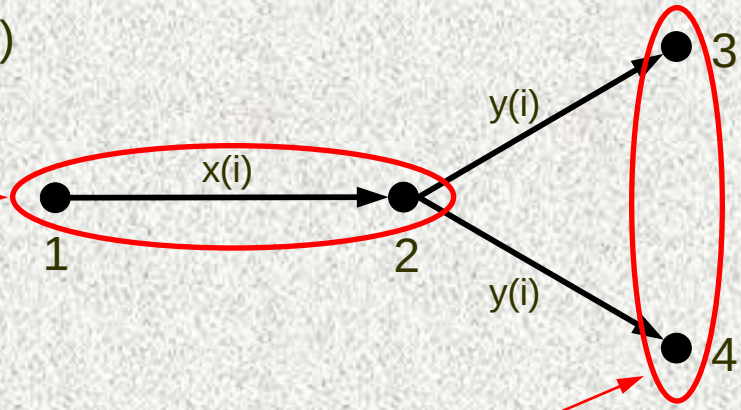
$x(i) = a + b(i)$ (1)

$y(i) = 2*x(i) – 3$ (2)

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

$t2 = b(i) – y(i)*a$ (4)

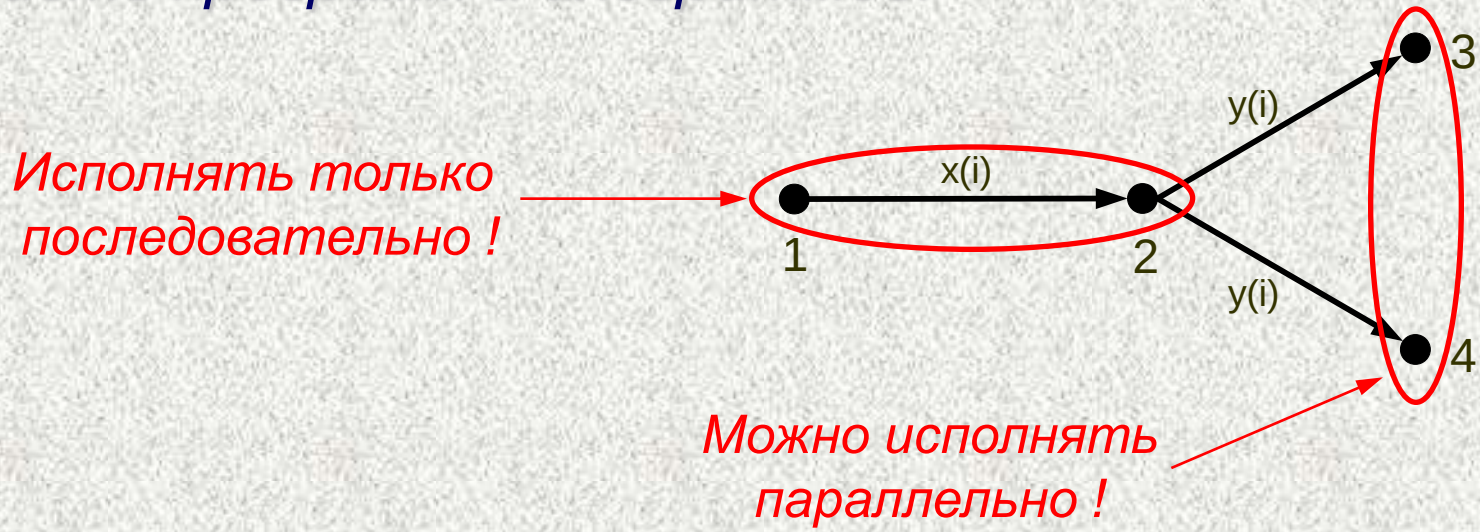
Исполнять только последовательно !



Можно исполнять параллельно !

Какое отношение выбрать для описания свойств программ?

Информационная структура – это основа анализа свойств программ и алгоритмов.



Информационная зависимость определяет критерий эквивалентности преобразований программ.

Информационная независимость определяет ресурс параллелизма программы.

От компактных до историй: что выбрать для описания свойств программ?

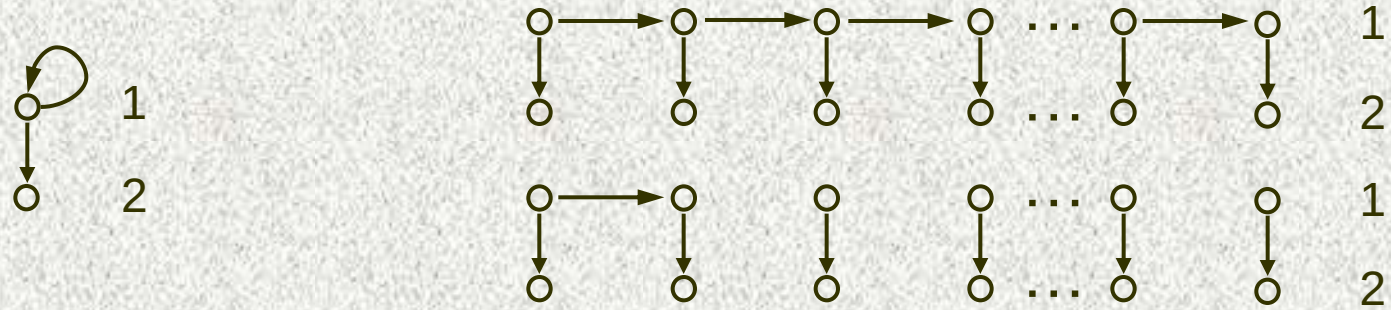
Аргументы для выбора степени компактности модели:

- *компактность описания,*
- *информативность,*
- *сложность построения.*

От компактных до историй: что выбрать для описания свойств программ?

Аргументы для выбора степени компактности модели:

- *компактность описания,*
- *информативность,*



- *сложность построения.*

От компактных до историй: что выбрать для описания свойств программ?

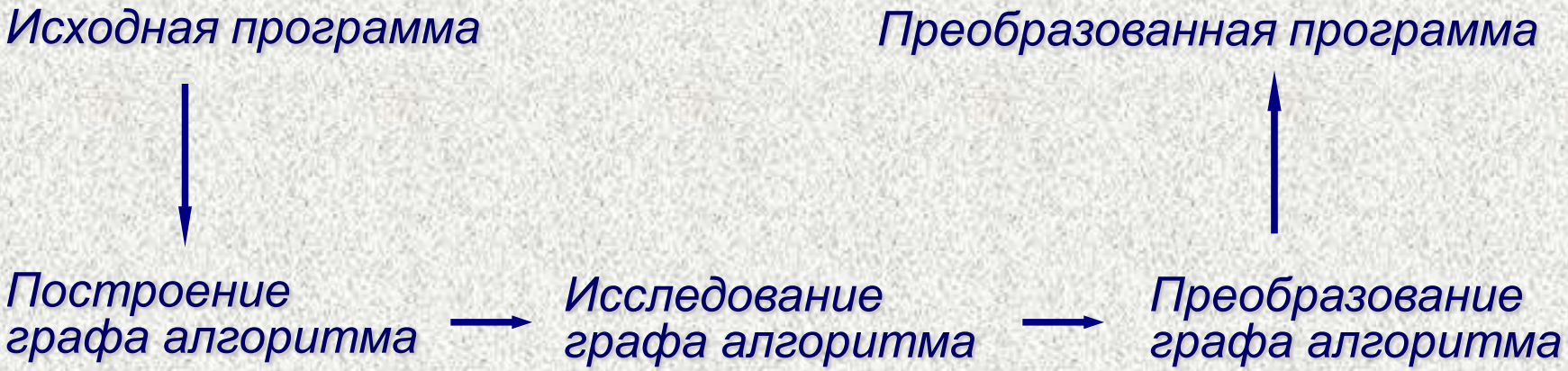
Аргументы для выбора степени компактности модели:

- *компактность описания,* *(компактные +)*
- *информативность,* *(истории +)*
- *сложность построения.* *(компактные +)*

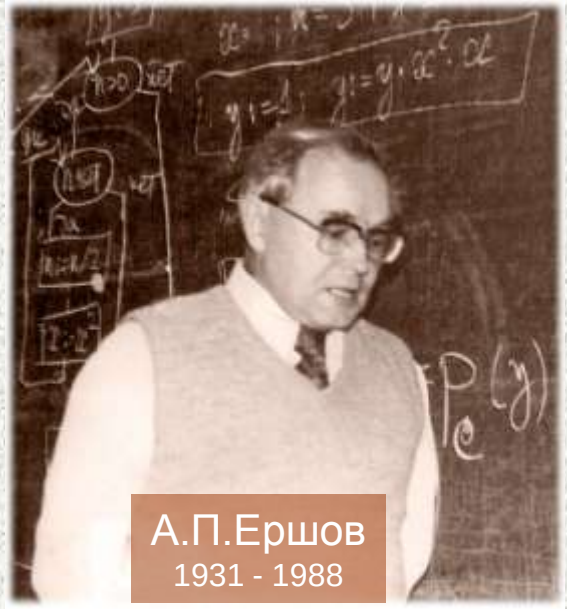
Граф алгоритма – это параметризованная информационная история:

- *компактность описания за счет параметризации,*
- *имеет информативность истории,*
- *разработана методика построения графа алгоритма по исходному тексту программ.*

Схема анализа и преобразования структуры программ



Основатели теории анализа структуры программ и алгоритмов



Ершов Андрей Петрович, академик, создатель сибирской школы системного и теоретического программирования. Многие его работы посвящены методам изучения свойств и структуры программ. Еще в 60-х годах он рассматривал задачу преобразования схем программ над общей и распределенной памятью, изучал фундаментальные основы графовых моделей программ.

Воеводин Валентин Васильевич, академик, создатель математической теории информационной структуры программ и алгоритмов. Разработал методы нахождения и описания информационной структуры программ по их исходному тексту, методы определения потенциала параллелизма и эквивалентного преобразования программ.

Теорема о построении графа алгоритма

<u>Теорема.</u> Если фрагмент принадлежит к линейному классу программ, то на основе статического анализа можно построить компактное описание его графа алгоритма в следующем виде:
для каждого входа каждого оператора фрагмента будет указано конечное множество троек вида

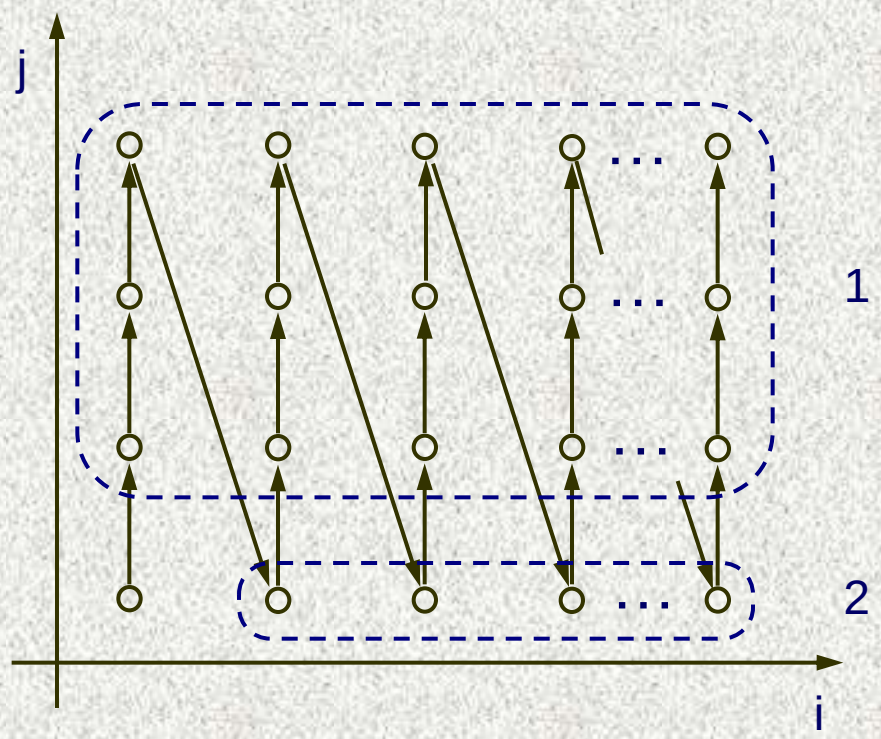
$$(N, \Delta(N), F(\Delta, N))_k ,$$

где:
N – линейный выпуклый многогранник в пространстве внешних переменных фрагмента,
$\Delta(N)$ – линейный выпуклый многогранник в пространстве итераций фрагмента,
$F(\Delta, N)$ – линейная векторная функция, описывающая входящие дуги оператора.

Как выполняется описание структуры программ на практике?

Программы и их графы алгоритма

```
Do i = 1, n
   Do j = 1, m
      s = s + A(i, j)
```



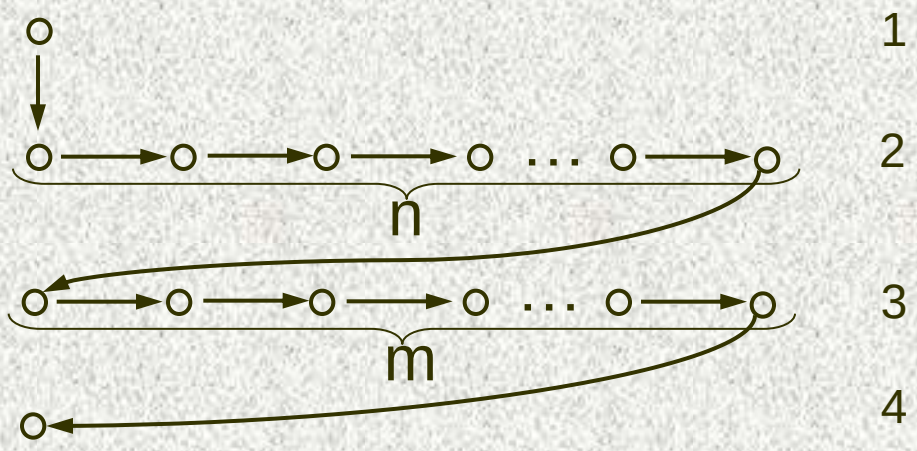
Для входа s:

$$N_1 = \begin{cases} n \geq 1 \\ m \geq 2 \end{cases} \quad I_1 = \begin{cases} 1 \leq i \leq n \\ 2 \leq j \leq m \end{cases} \quad F_1 = \begin{cases} i' = i \\ j' = j - 1 \end{cases}$$

$$N_2 = \begin{cases} n \geq 2 \\ m \geq 1 \end{cases} \quad I_2 = \begin{cases} 2 \leq i \leq n \\ j = 1 \end{cases} \quad F_2 = \begin{cases} i' = i - 1 \\ j' = m \end{cases}$$

Программы и их графы алгоритма

```
s = 0                    (1)
Do i = 1, n
    s = s + 1            (2)
Do i = 1, m
    s = s + 1            (3)
s = s + 1                (4)
```

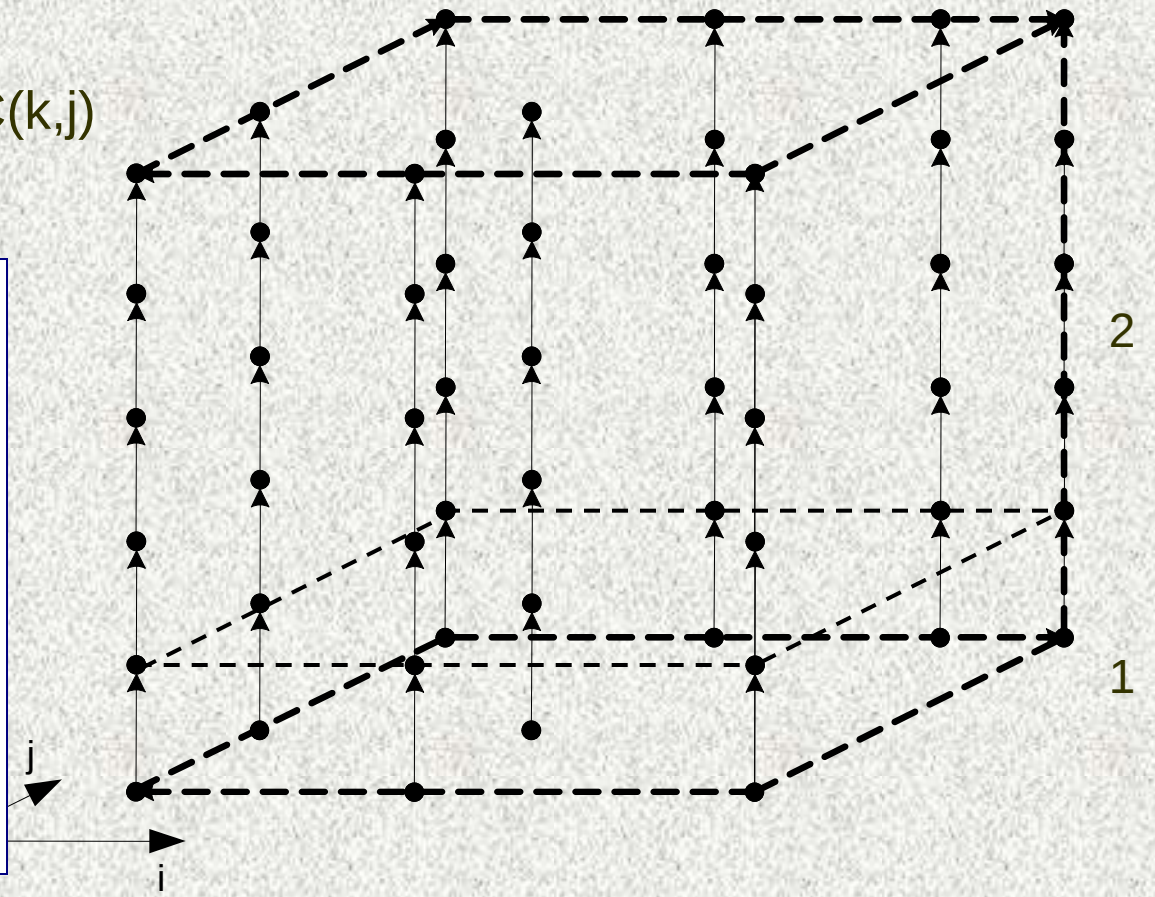


$$\begin{cases} m \geq 1 \\ j_1 = m \\ из\ 3 \end{cases} \qquad \begin{cases} m < 1 \\ n \geq 1 \\ j_1 = n \\ из\ 2 \end{cases} \qquad \begin{cases} m < 1 \\ n < 1 \\ из\ 1 \end{cases}$$

Программы и их графы алгоритма
(умножение матриц)

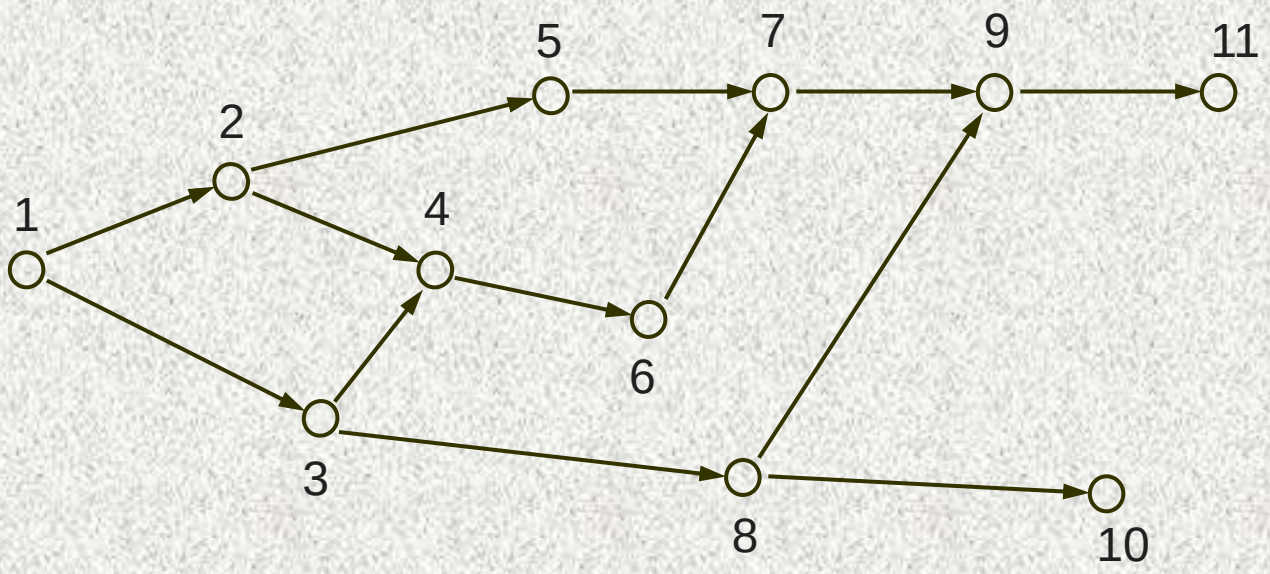
```
    Do i = 1, n
       Do j = 1, n
1        A(i,j) = 0
          Do k = 1, n
2           A(i,j) = A(i,j) + B(i,k)*C(k,j)
```

$$\begin{cases} 1 \le i \le n \\ 1 \le j \le n \\ k = 1 \\ \begin{cases} i_1 = i \\ j_1 = j \end{cases} \\ из\ (1) \end{cases} \qquad \begin{cases} 1 \le i \le n \\ 1 \le j \le n \\ 2 \le k \le n \\ \begin{cases} i_1 = i \\ j_1 = j \\ k_1 = k - 1 \end{cases} \\ из\ (2) \end{cases}$$



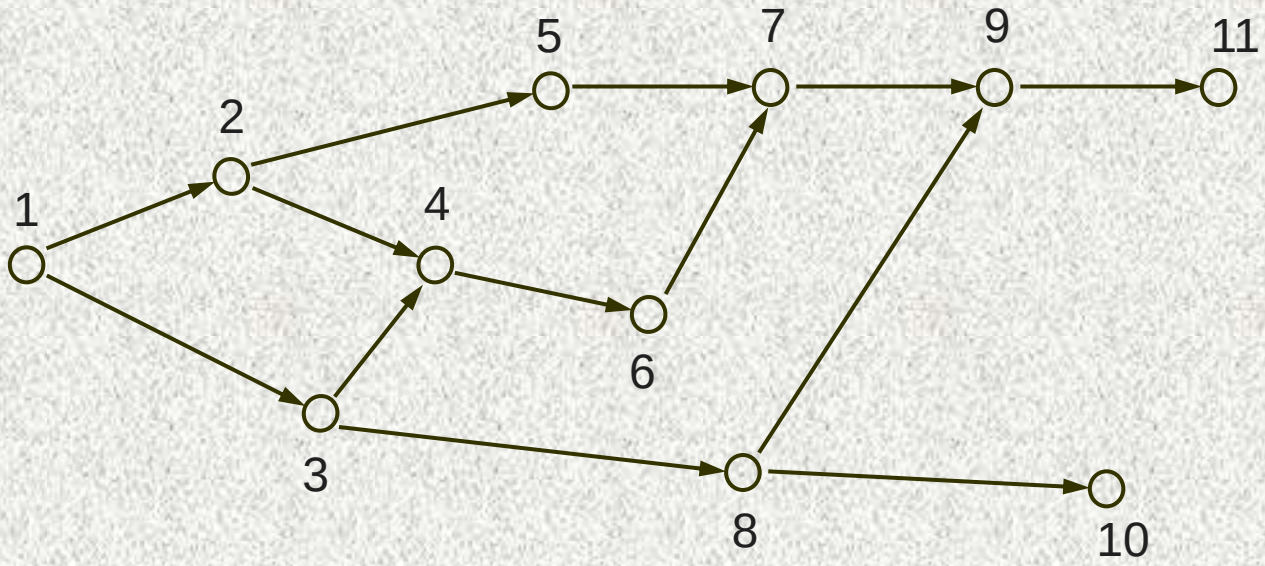
Как описать ресурс параллелизма программ и алгоритмов?

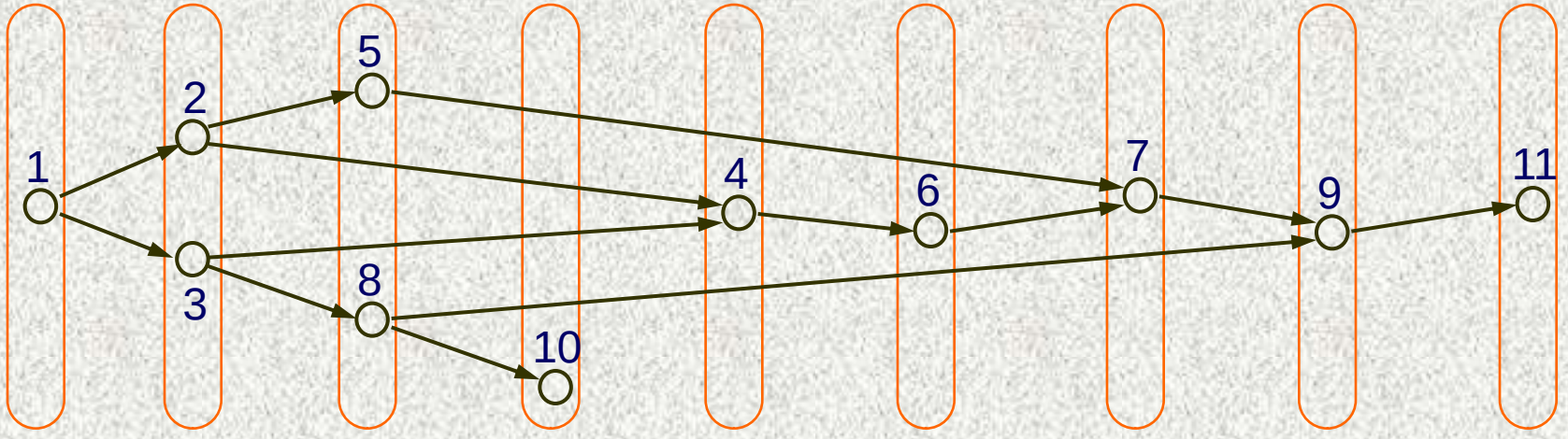
Ярусно-параллельная форма графа алгоритма



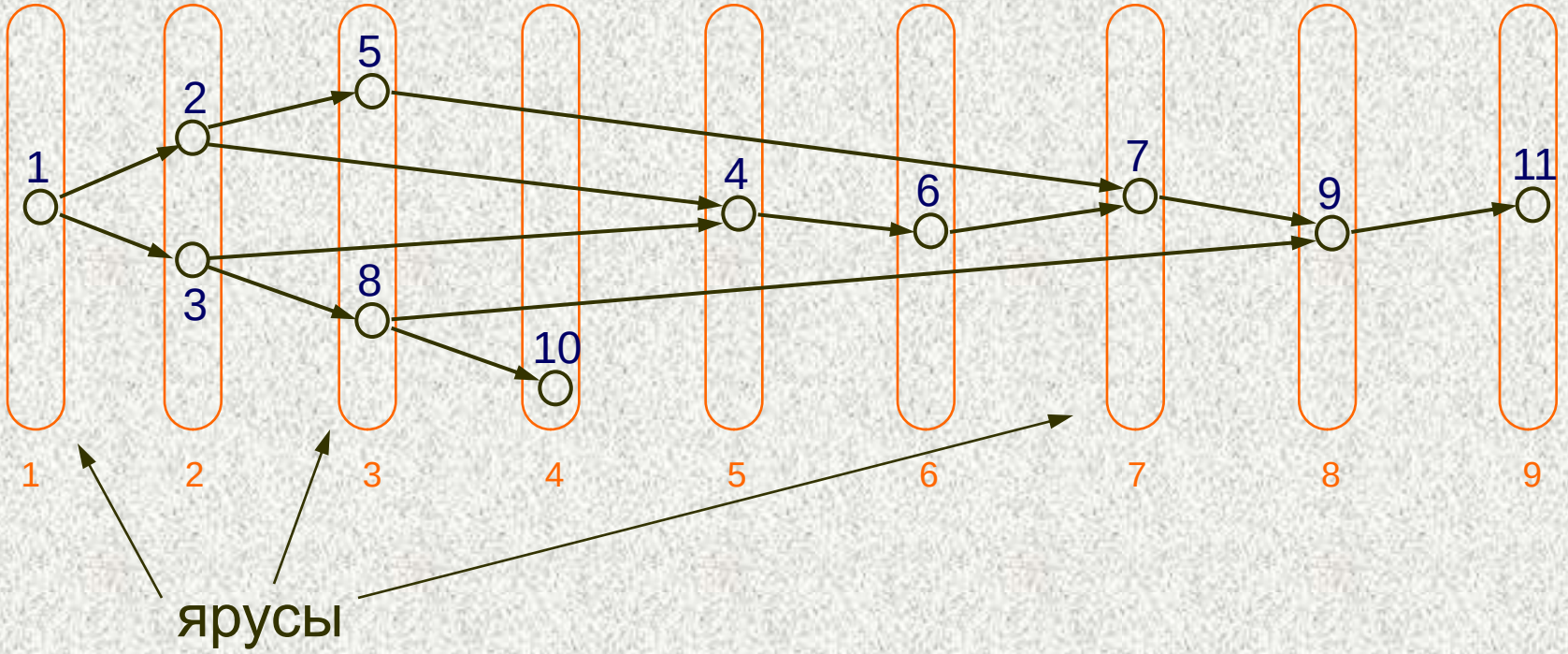
Как определить и сделать понятным ресурс параллелизма в графе алгоритма (в программе, в алгоритме) ?

Ярусно-параллельная форма графа алгоритма





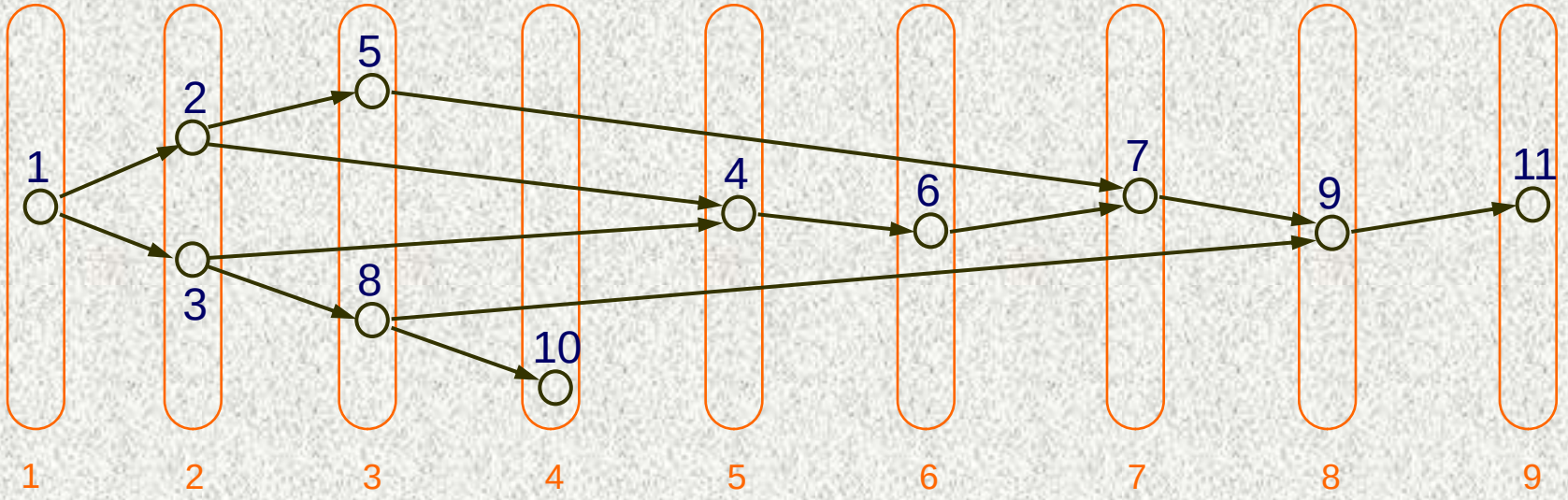
Ярусно-параллельная форма графа алгоритма



- начальная вершина каждой дуги расположена на ярусе с номером меньшим, чем номер яруса конечной вершины,

- между вершинами, расположенными на одном ярусе, не может быть дуг.

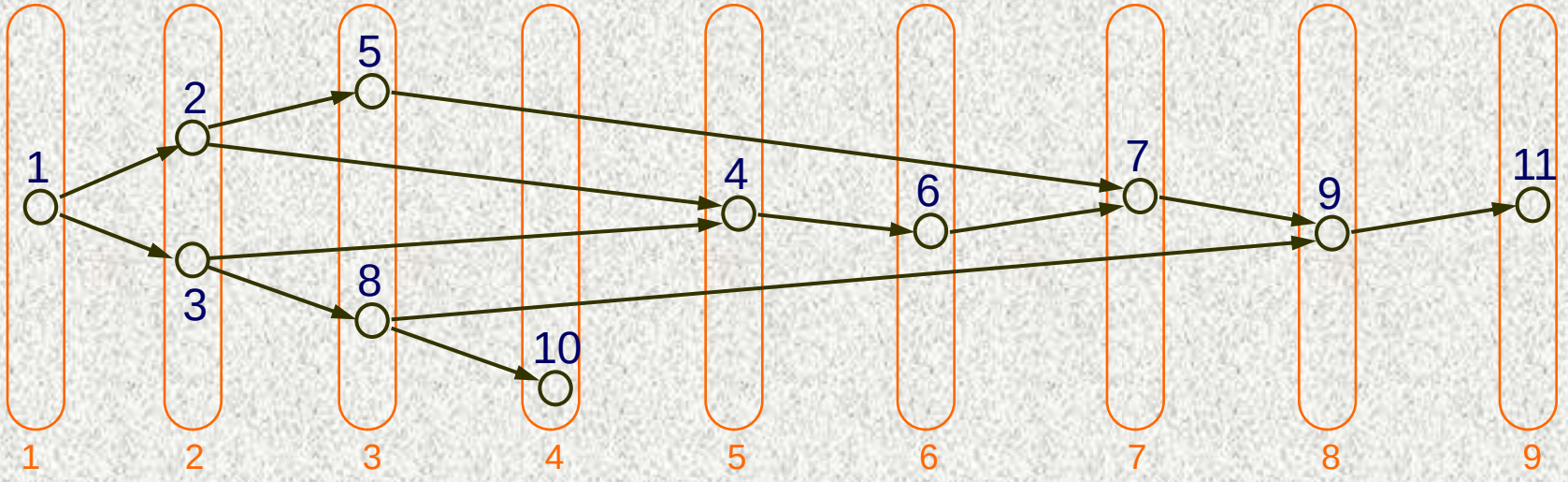
Ярусно-параллельная форма графа алгоритма

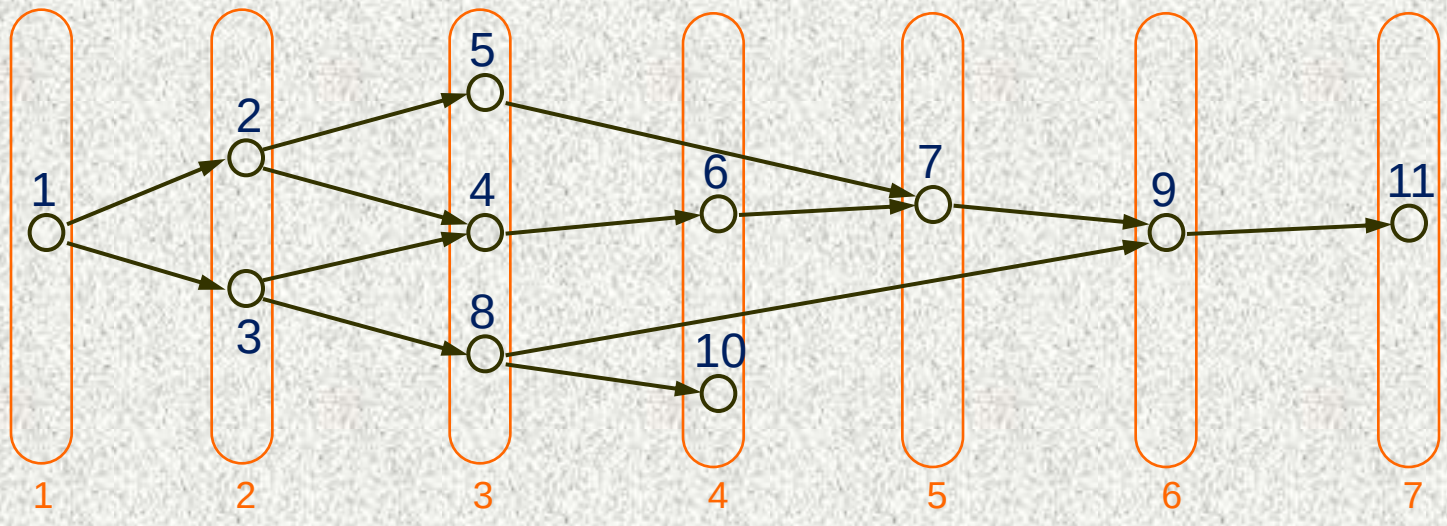


Высота ЯПФ – это число ярусов,
Ширина яруса – число вершин, расположенных на ярусе,
Ширина ЯПФ – это максимальная ширина ярусов в ЯПФ.

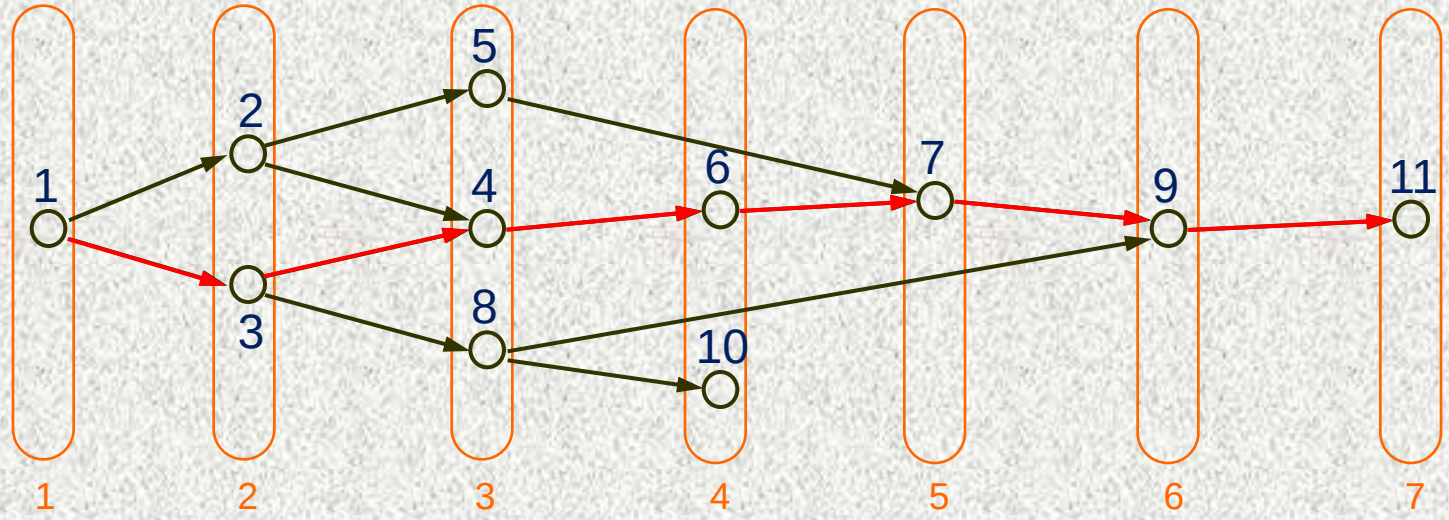
Высота ЯПФ = сложность параллельной реализации алгоритма/программы.

Ярусно-параллельная форма графа алгоритма определяется неоднозначно





Каноническая ярусно-параллельная форма графа алгоритма



Высота канонической ЯПФ = длине критического пути + 1.

Критический путь в ориентированном ациклическом графе – это путь максимальной длины.

Каноническая ЯПФ и степень параллелизма

```
for( i = 0; i < n; ++i)
    for( j = 0; j < m; ++j)
        A[i][j] = A[i][j–1] + C[i][j]*x;
```

Чему, согласно закону Амдала, равно максимальное ускорение, которое можно получить при исполнении данного фрагмента на параллельной вычислительной системе?

Закон Амдала:

$$S \le \frac{1}{\alpha + \frac{(1-\alpha)}{p}}$$

где:

α *– доля последовательных операций,*

p – число процессоров в системе.

Закон Амдала

f - доля последовательных операций ($0 \le f \le 1$)
p - число процессоров

$$\frac{T^1}{T^p} = S < \frac{1}{f+(1-f)/p}$$

T^1 – время работы программы на одном процессоре
T^p – время работы программы на системе из p процессоров

Вспомним основы

Закон Амдала. Следствие

$$S \approx \frac{1}{f}$$ *(при большом числе процессоров)*

На практике. Если доля последовательных операций в некоторой программе равна 0.1, значит вне зависимости от числа используемых процессоров ускорение не превысит 10.

Вспомним основы

Каноническая ЯПФ и степень параллелизма

```
for( i = 0; i < n; ++i)
    for( j = 0; j < m; ++j)
        A[i][j] = A[i][j–1] + C[i][j]*x;
```

Чему, согласно закону Амдала, равно максимальное ускорение, которое можно получить при исполнении данного фрагмента на параллельной вычислительной системе?

Закон Амдала:

$$S \le \frac{1}{\alpha + \frac{(1-\alpha)}{p}}$$

где:

α *– доля последовательных операций,*

p – число процессоров в системе.

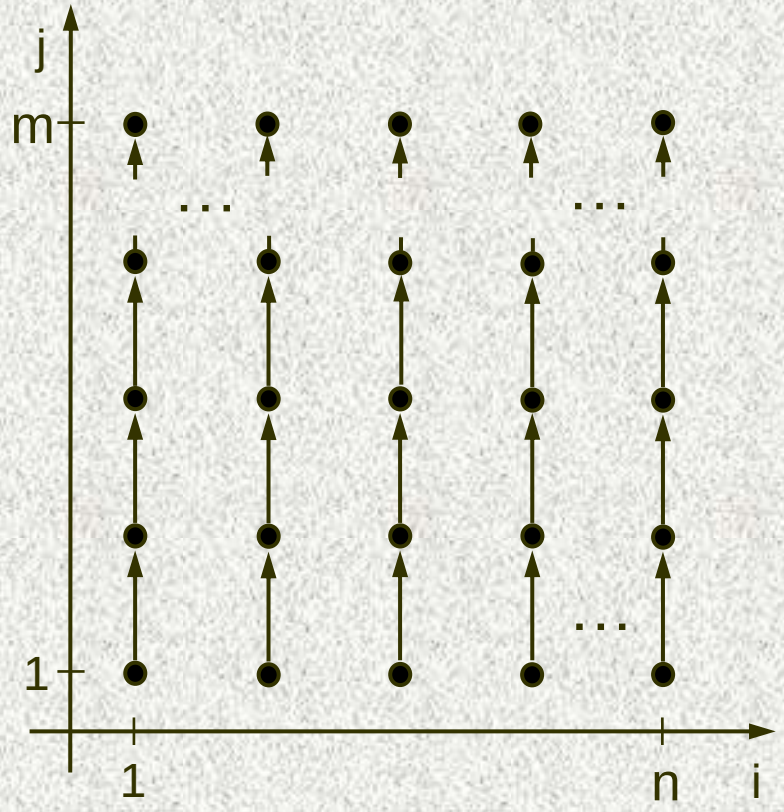
Каноническая ЯПФ и степень параллелизма

```
for( i = 0; i < n; ++i)
    for( j = 0; j < m; ++j)
        A[i][j] = A[i][j–1] + C[i][j]*x;
```

$$S \approx \frac{1}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\text{Число последовательных операций}}{\text{Общее число операций}} = \frac{m}{n*m} = \frac{1}{n}$$

$$S \approx n$$



Какого рода параллелизм встречается в программах?

Виды параллелизма в алгоритмах и программах

Конечный параллелизм определяется информационной независимостью некоторых фрагментов в тексте программы.

Массовый параллелизм определяется информационной независимостью итераций циклов программы.

Виды параллелизма в алгоритмах и программах

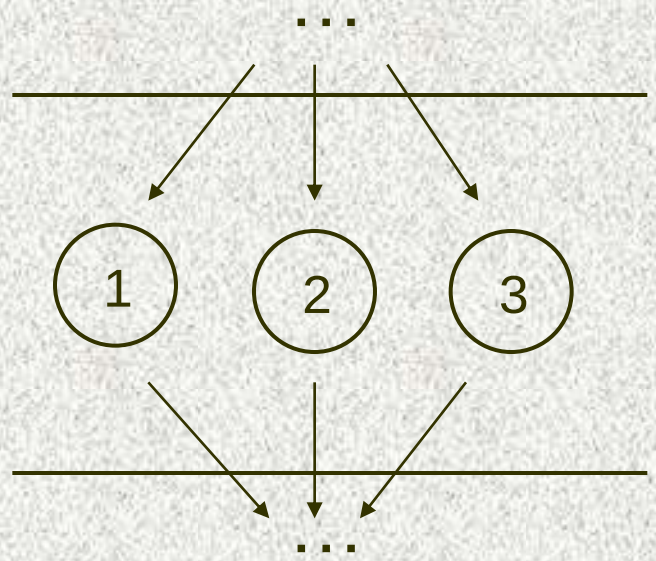
Конечный параллелизм.

```
cout << "N=" << N << endl;
cycleTestWithUnroll_KJI("k");
cycleTestWithUnroll_KJI("j");
cycleTestWithUnroll_KJI("i");
cycleTestWithUnroll_KJI_3("k");
cycleTestWithUnroll_KJI_3("j");
cycleTestWithUnroll_KJI_3("i");
cycleTest("j,i,k");
cycleTest("i,k,j");
cycleTest("k,j,i");
cycleTest("i,j,k");
cycleTest("k,i,j");
cycleTest("j,k,i");
float ***a12=new float**[N];
for (i=0;i<N;i++) {
    a12[i]=new float*[N];
    for (j=0;j<N;j++) {
        a12[i][j]=new float[N];
        for (k=0;k<N;k++) {
            a12[i][j][k]=(float)1/(i+j+k+1);
        }
    }
}
for (i=1;i<N;i++)
    for (j=1;j<N;j++)
        for (k=1;k<N;k++) {
            testee[i][k] = testee[i][k] + S[k]*A[k][j][i] + P[i][j]*A[k][j][i-1] +
                P[i][k]*A[k][j-1][i] + P[j][k]*A[k-1][j][i];
        }
…
```

1

2

3



Виды параллелизма в алгоритмах и программах

Массовый параллелизм.

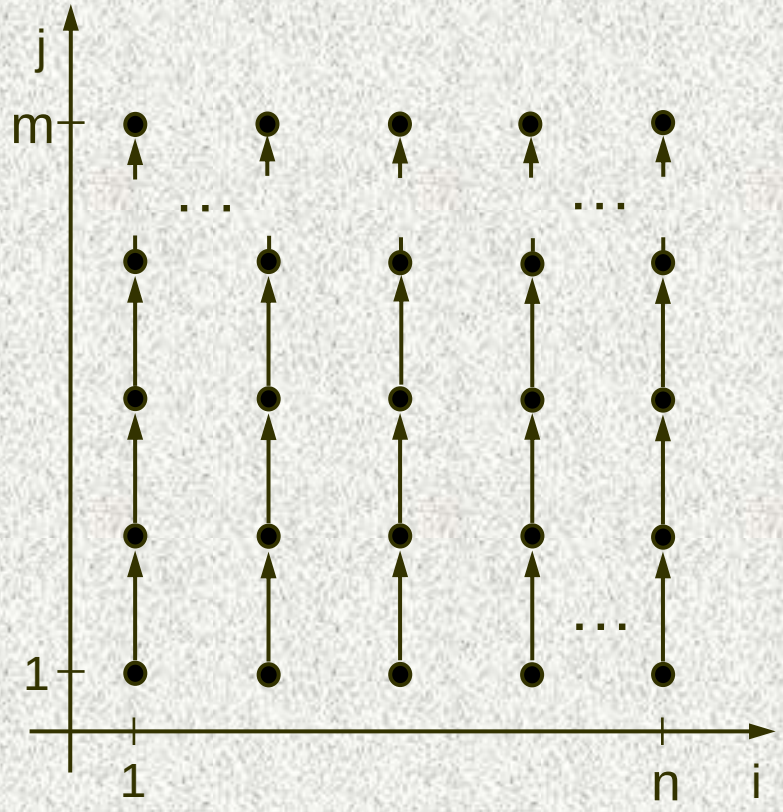
```
for( i = 0; i < n; ++i)
    A[i] = B[i] + C[i]*x;
```

Виды параллелизма в алгоритмах и программах

Виды параллелизма в алгоритмах и программах

Координатный параллелизм.

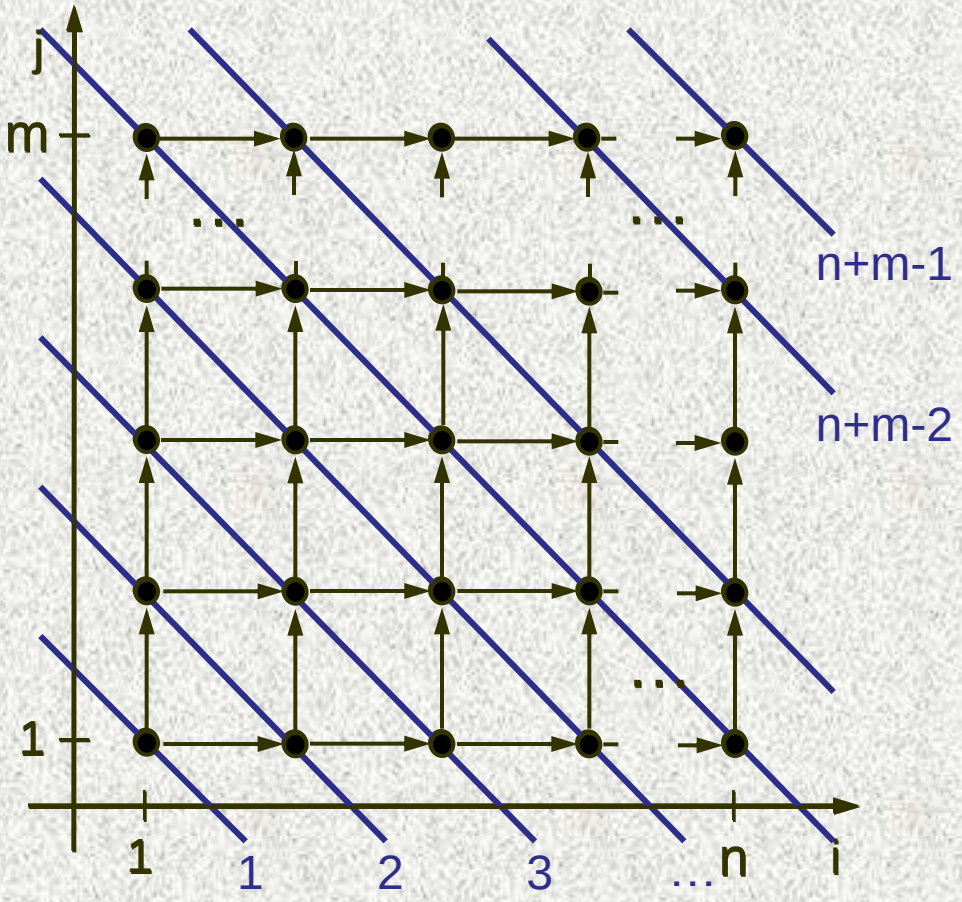
```
#pragma omp parallel for
for( i = 0; i < n; ++i)
    for( j = 0; j < m; ++j)
        A[i][j] = A[i][j–1] + C[i][j]*x;
```



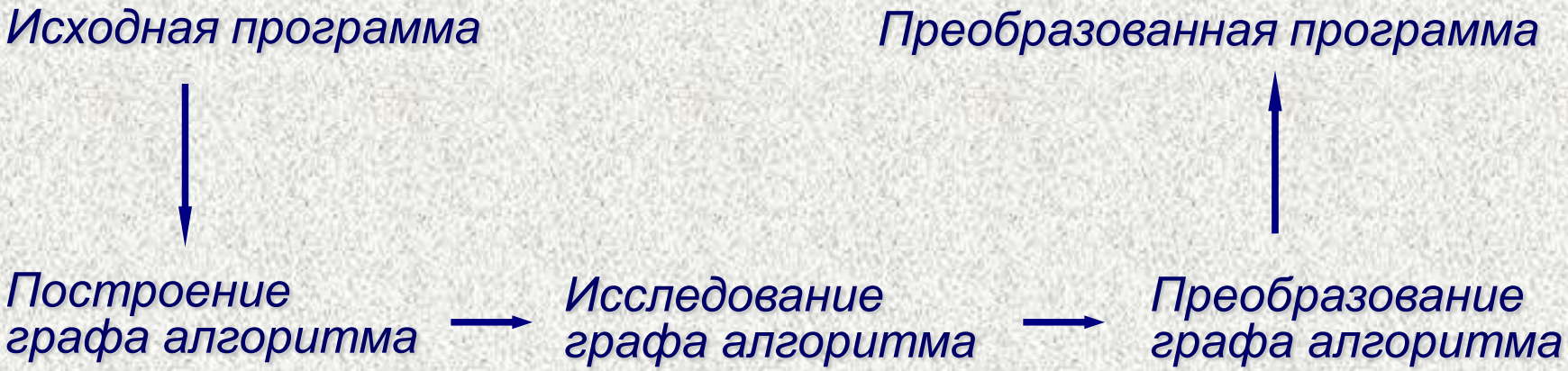
Виды параллелизма в алгоритмах и программах

Скошенный параллелизм.

```
for( i = 0; i < n; ++i)
    for( j = 0; j < m; ++j)
        A[i][j] = A[i][j–1] + A[i-1][j]*x;
```



Эквивалентные преобразования программ



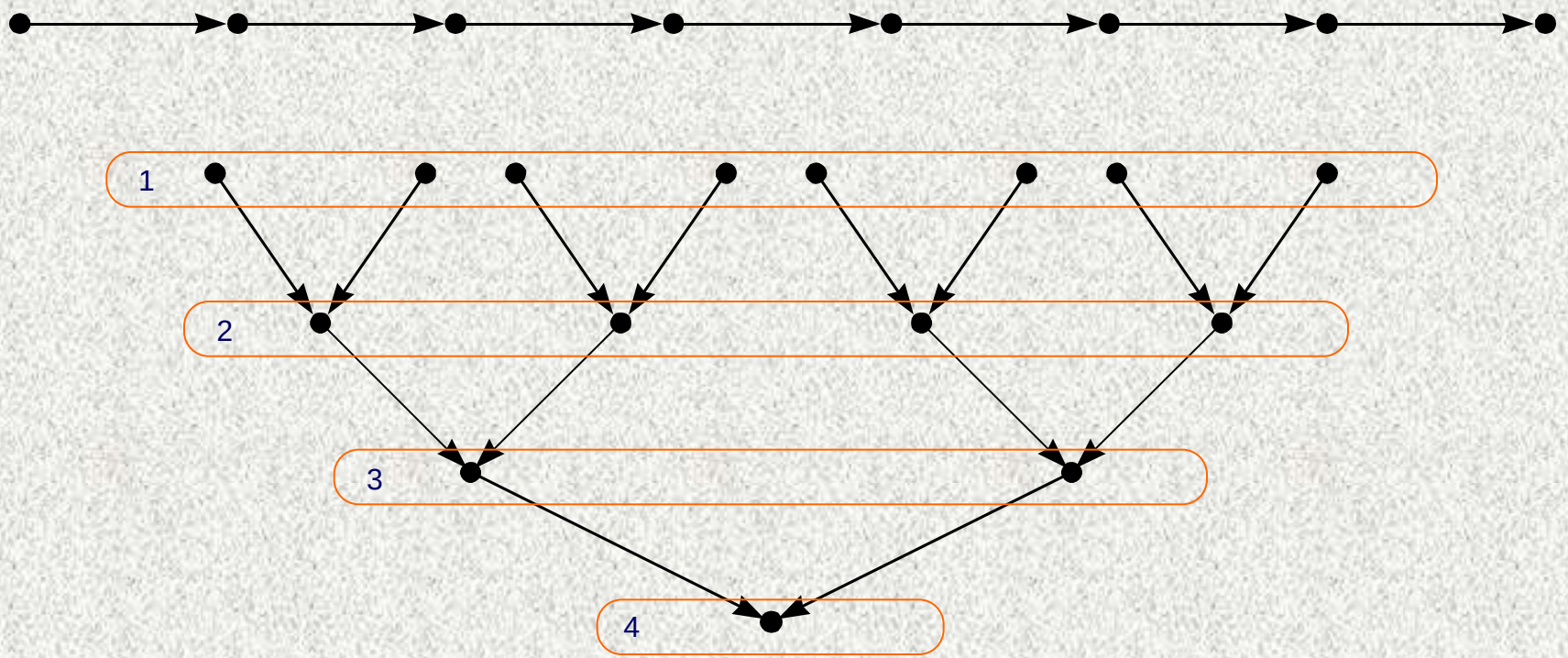
Эквивалентные преобразования программ

(суммирование элементов массива)

```
s = 0.0;
for ( i = 0; i < n; ++i )
    s = s + A[ i ];
```

Чисто последовательный алгоритм. Что делать? Не использовать суммирования на параллельных вычислительных системах? Невозможно…

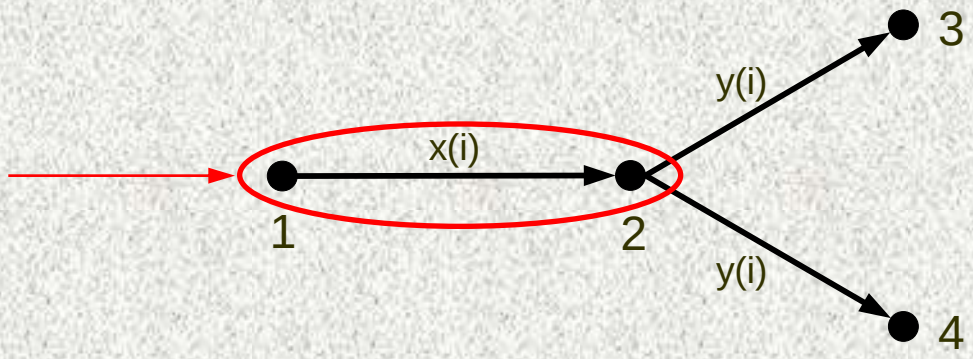
Эквивалентные преобразования программ
(суммирование элементов массива)



В данном случае это не есть эквивалентное преобразование! Использовано два разных метода с разной информационной структурой, разной параллельной сложностью, разными ошибками округления…

Эквивалентные преобразования программ

Исполнять только последовательно !



Информационная зависимость определяет критерий эквивалентности преобразований программ.

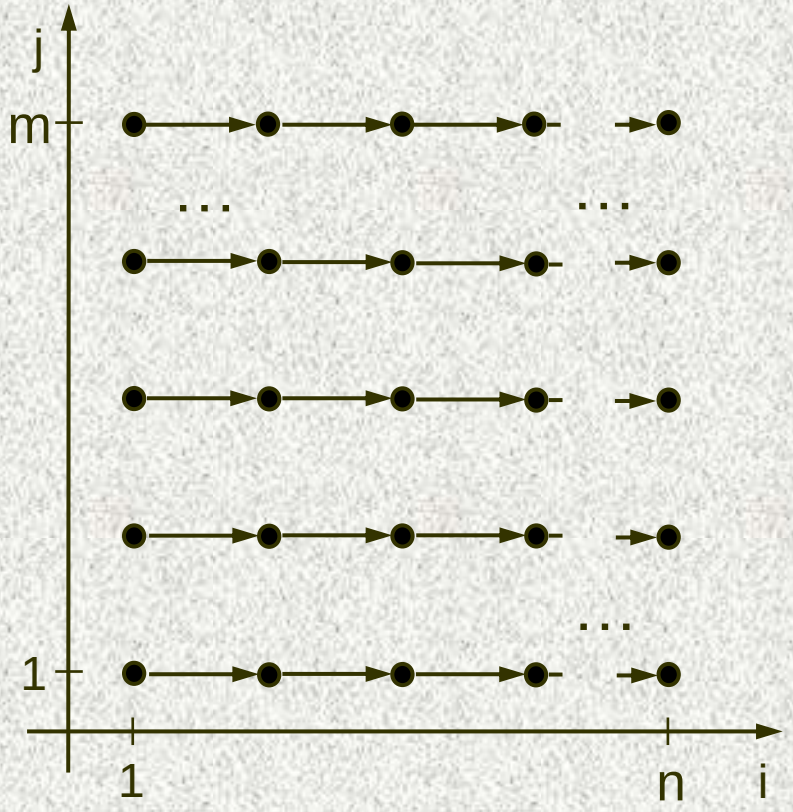
Информационная независимость определяет ресурс параллелизма программы.

Эквивалентные преобразования программ на практике…

Элементарные преобразования циклов

Перестановка циклов.

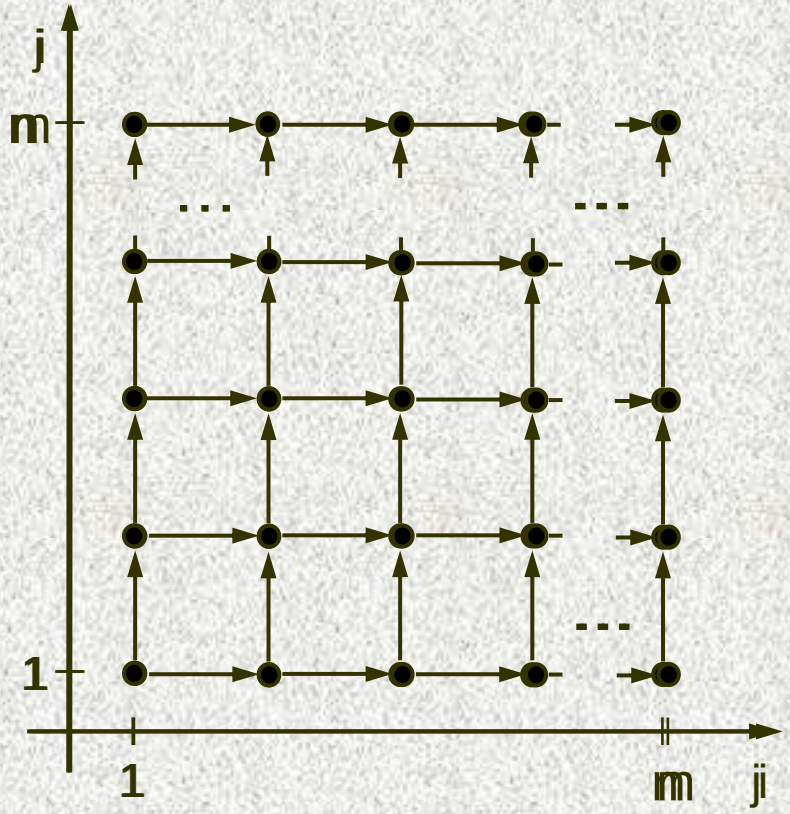
```
for( i = 0; i < n; ++i)
#pragma omp parallel for
    for( j = 0; j < m; ++j)
        A[i][j] = A[i-1][j] + C[i][j]*x;
```



Элементарные преобразования циклов

Перестановка циклов.

```
#pragma omp parallel for
for( i = 0; i < n; ++i)
    for( j = 0; j < m; ++j)
        A[i][j] = A[i–1][j] + C[i][j]*x;
```

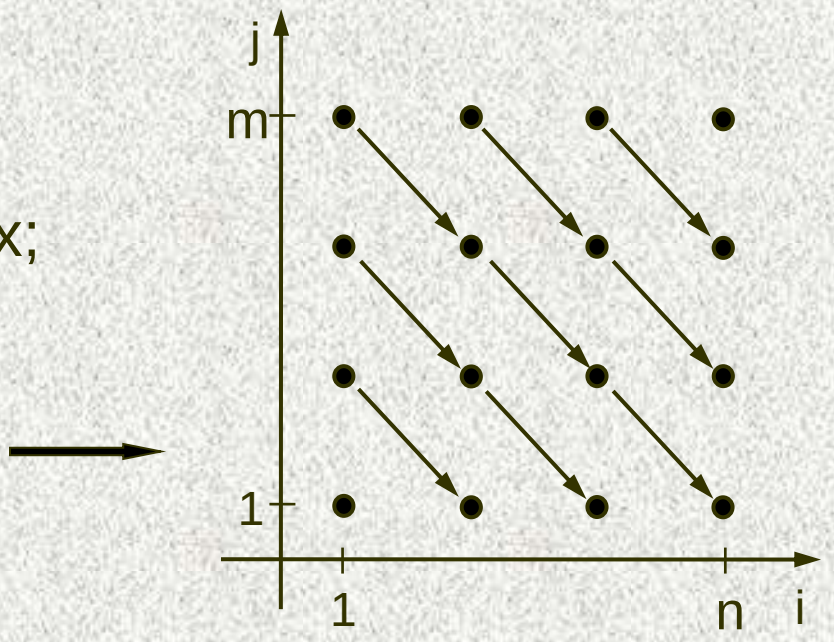


Элементарные преобразования циклов

Всегда ли перестановка циклов является эквивалентным преобразованием?

```
for( i = 0; i < n; ++i)
    for( j = 0; j < m; ++j)
        A[i][j] = A[i+c1][j+c2] + C[i][j]*x;

for( i = 0; i < n; ++i)
    for( j = 0; j < m; ++j)
        A[i][j] = A[i–1][j+1] + C[i][j]*x;
```

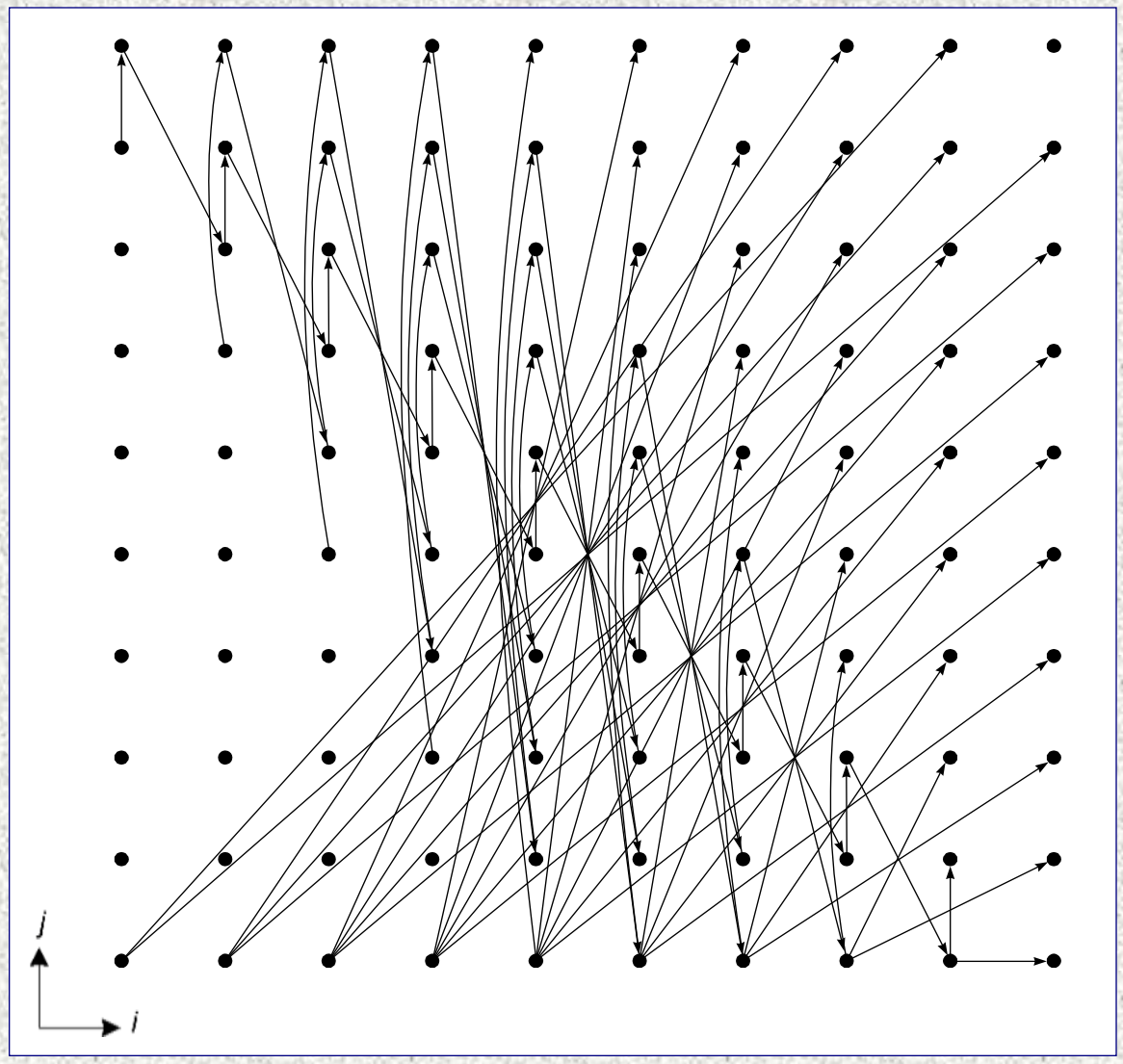


Означает ли малый размер программы простоту ее информационной структуры?

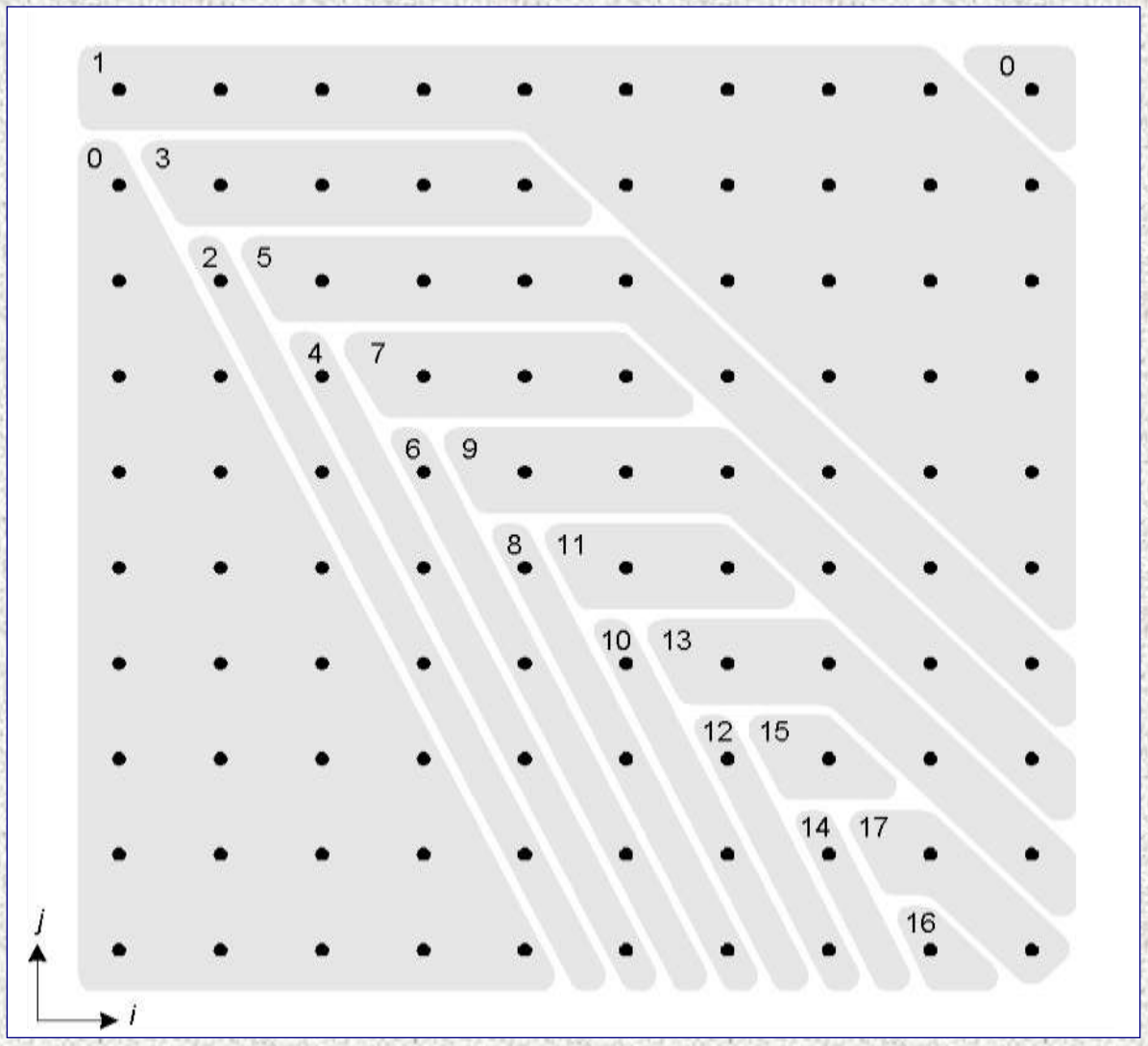
Простой пример…
(последовательный вариант)

```
DO  i = 1, n
    DO j = 1, n
        U( i + j ) = U( 2*n – i – j + 1)*q + p
    EndDO
EndDO
```

Информационная структура примера…



Ярусно-параллельная форма примера…

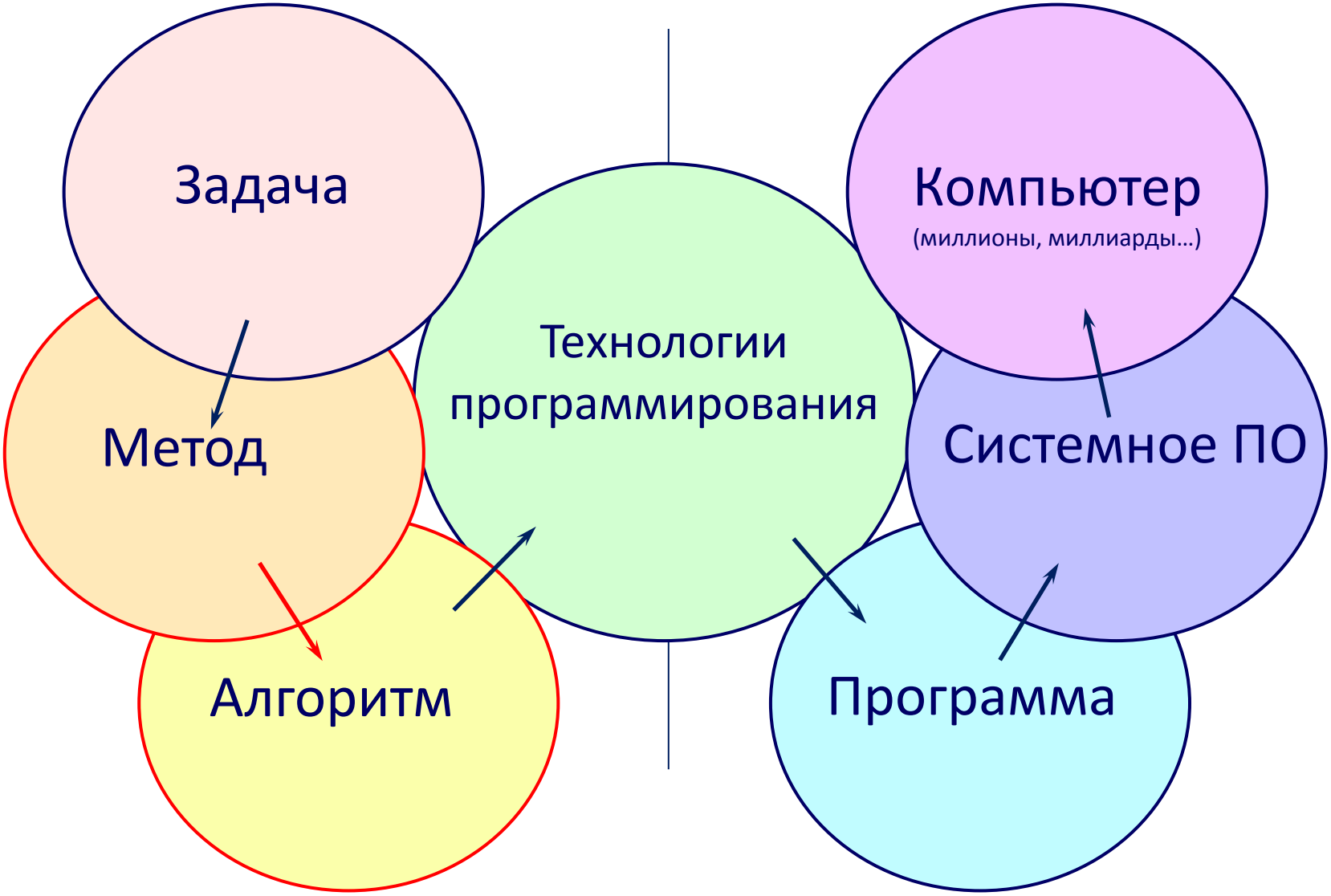


Совсем не простой пример…
(параллельный вариант)

```
DO  i = 1, n
    DO  j = 1, n – i        Параллельный цикл !
        U( i + j ) = U( 2*n – i – j + 1)*q + p
    End DO
    DO j = n – i + 1, n     Параллельный цикл !
        U( i + j ) = U( 2*n – i – j + 1)*q + p
    End DO
End DO
```

Почему, говоря о решении задач на параллельных компьютерах, мы разделяем этапы Метод и Алгоритм ?

Решение задачи на компьютере



Рассмотрим решение верхней треугольной системы методом Гаусса…

Решение СЛАУ: от метода к алгоритму

(информационная структура)

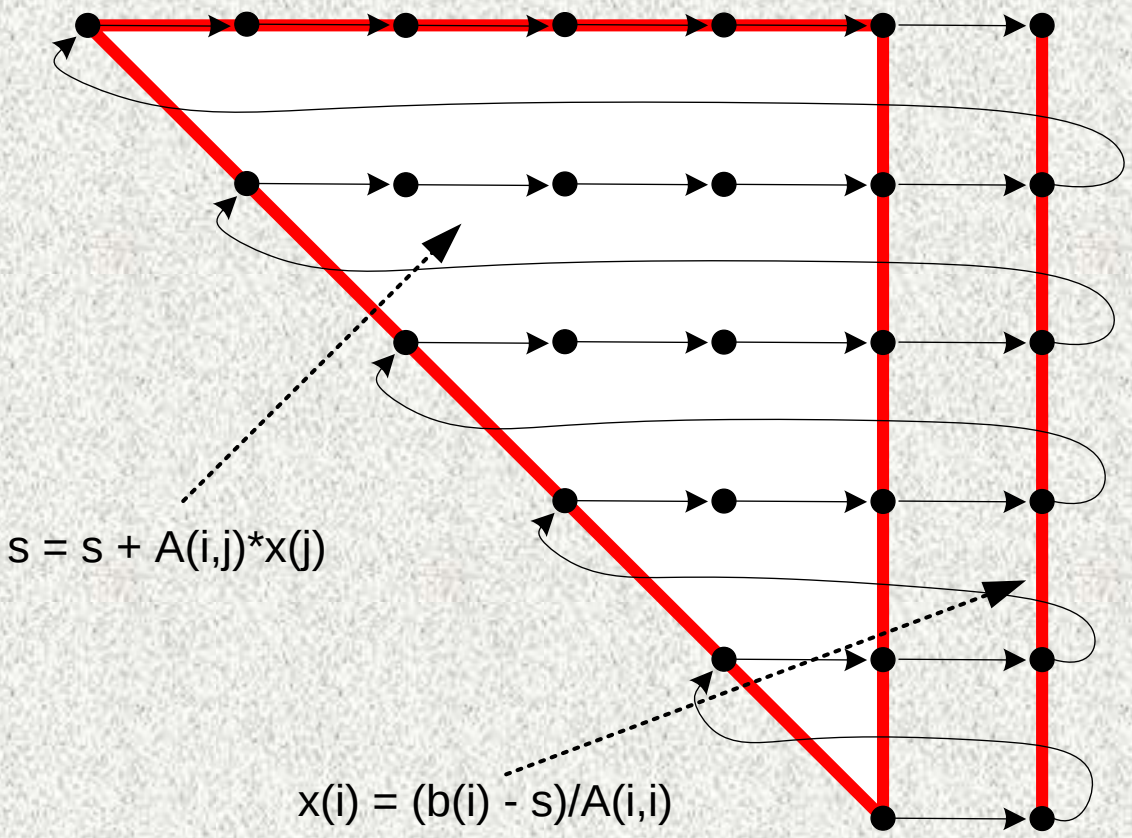


Схема программы:

```
do i = n, 1, -1
   s = 0
   do j = i+1, n
      s = s + A(i,j)*x(j)
   end do
   x(i) = (b(i) - s)/A(i,i)
end do
```

Критический путь графа алгоритма проходит через все вершины, следовательно такую программу нет смысла исполнять на параллельной вычислительной системе!

С точки зрения метода Гаусса не имеет никакого значения, в каком порядке выполнять итерации внутреннего цикла по j (суммирование)

Изменим в программе только этот порядок и определим структуру.

Решение СЛАУ: от метода к алгоритму

(информационная структура)

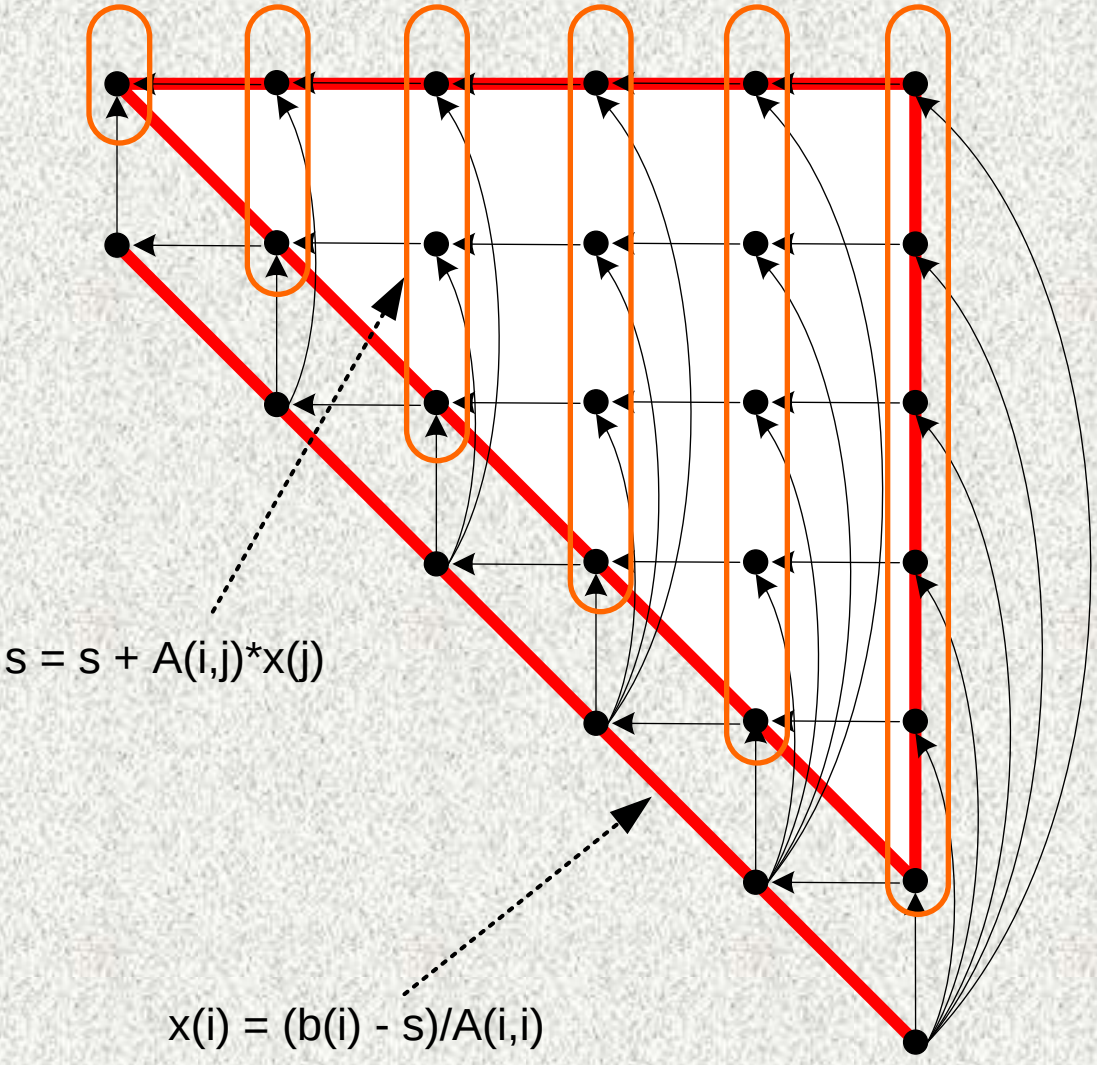


Схема программы:

```
do i = n, 1, -1
   s = 0
   do j = n, i+1, -1
      s = s + A(i,j)*x(j)
   end do
   x(i) = (b(i) - s)/A(i,i)
end do
```

Критический путь графа алгоритма имеет длину o(n), следовательно данная программа обладает хорошим ресурсом параллелизма!

Суперкомпьютерное образование – зачем?

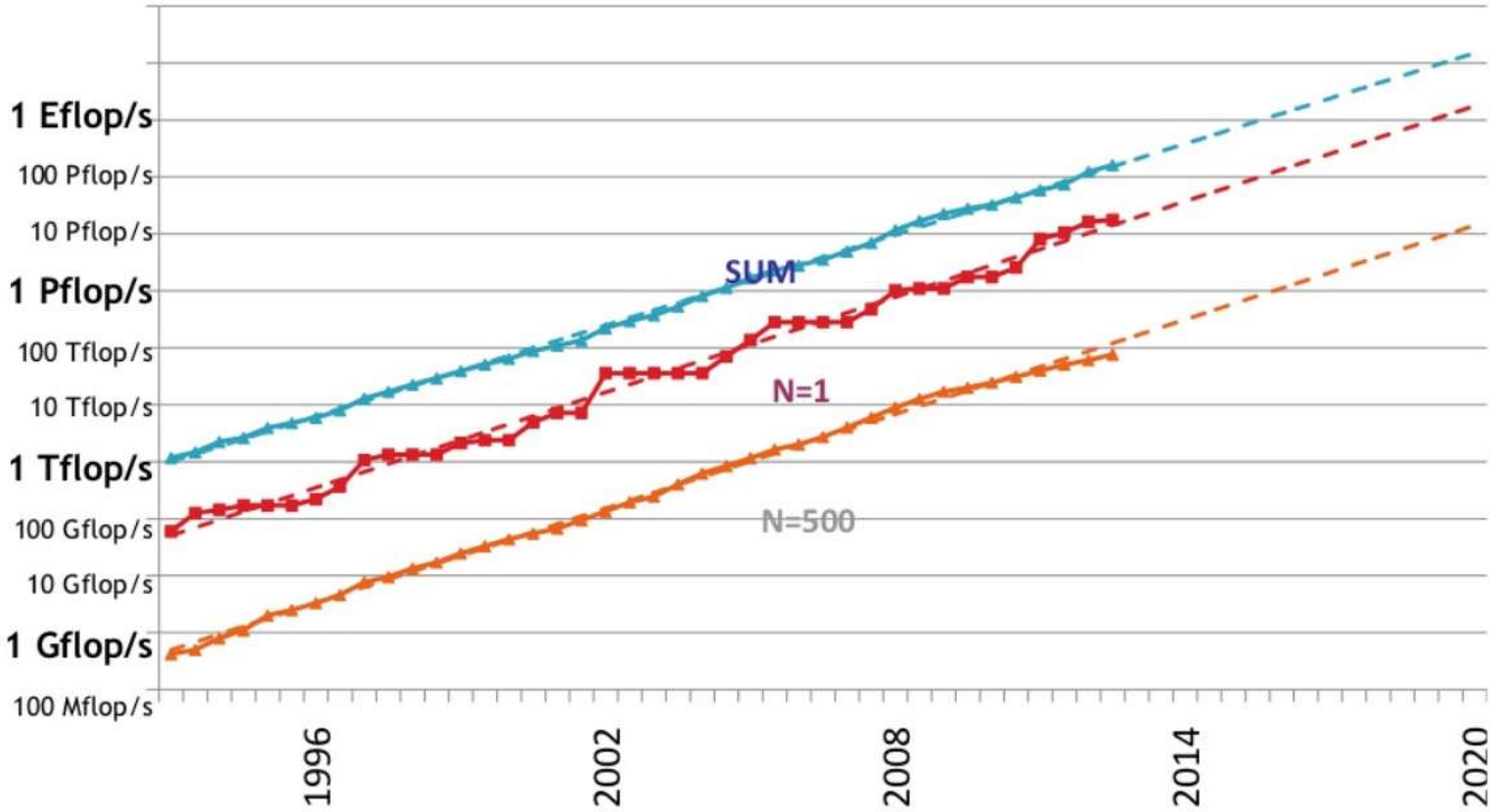
Суперкомпьютерные технологии и параллельные вычисления – почему изменения в образовании крайне важны именно сейчас?

Бакалавр – 4 года, магистр – 2 года, 2015 + 6 лет обучения = 2021 г.,

Если начнем сейчас, то к 2021 году появятся первые выпускники, владеющие параллельными вычислениями…

Компьютерный мир 2021 года – что это?

Экстраполяция роста…



TOP500 SUPERCOMPUTER SITES

Courtesy of E.Strohmaier, LBNL, USA

Суперкомпьютерное образование – зачем?

Суперкомпьютерные технологии и параллельные вычисления – почему изменения в образовании крайне важны именно сейчас?

Бакалавр – 4 года, магистр – 2 года, 2015 + 6 лет обучения = 2021 г.,

Если начнем сейчас, то к 2021 году появятся первые выпускники, владеющие параллельными вычислениями…

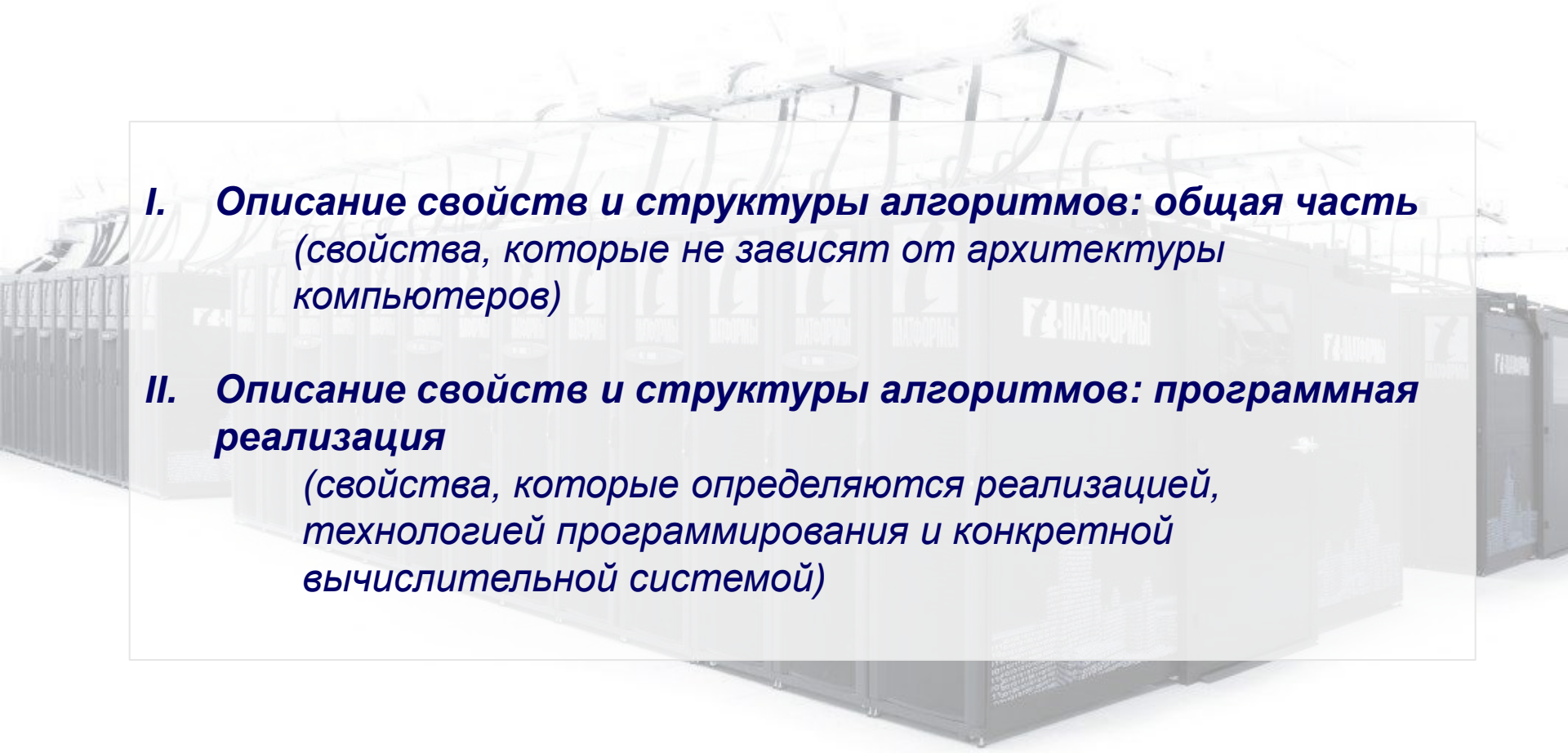
Компьютерный мир 2021 года – это:

- *суперкомпьютеры – миллиарды ядер,*
- *ноутбуки – тысячи ядер,*
- *мобильные устройства – десятки и сотни ядер.*

Необходимо срочно вводить идеи параллельных вычислений в учебный процесс как обязательный элемент компьютерного образования.

Описание свойств и структуры алгоритмов

(от мобильных платформ до экзафлопсных суперкомпьютерных систем)



I. ***Описание свойств и структуры алгоритмов: общая часть***
   (свойства, которые не зависят от архитектуры компьютеров)

II. ***Описание свойств и структуры алгоритмов: программная реализация***
   (свойства, которые определяются реализацией, технологией программирования и конкретной вычислительной системой)

AlgoWiki

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

Алговики | Международная конфере... | Планируемые доклады | ...

algowiki-project.org/ru/Открытая_энциклопедия_свойств_алгоритмов

Войти Запрос учётной записи

Algowiki

Статья Обсуждение | Читать Просмотр История | Поиск

Открытая энциклопедия свойств алгоритмов

Заглавная страница
Форум
Свежие правки

Хранилище файлов
Новые файлы
Загрузить файл

Инструменты
Ссылки сюда
Связанные правки
Спецстраницы
Версия для печати
Постоянная ссылка
Сведения о странице

На других языках
English

Добро пожаловать!

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

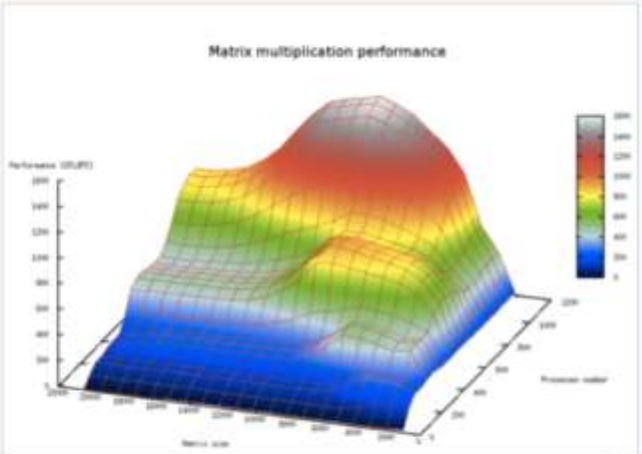
Цель **AlgoWiki** - дать исчерпывающее описание алгоритма, которое поможет оценить его потенциал применительно к конкретной параллельной вычислительной платформе. Кроме классических свойств алгоритмов, например, последовательной сложности, в AlgoWiki представлены дополнительные сведения, составляющие в совокупности полную картину об алгоритме: параллельная сложность, параллельная структура, детерминированность, оценки локальности данных, эффективность и масштабируемость, коммуникационный профиль конкретных реализаций и многие другие.

Читать 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.

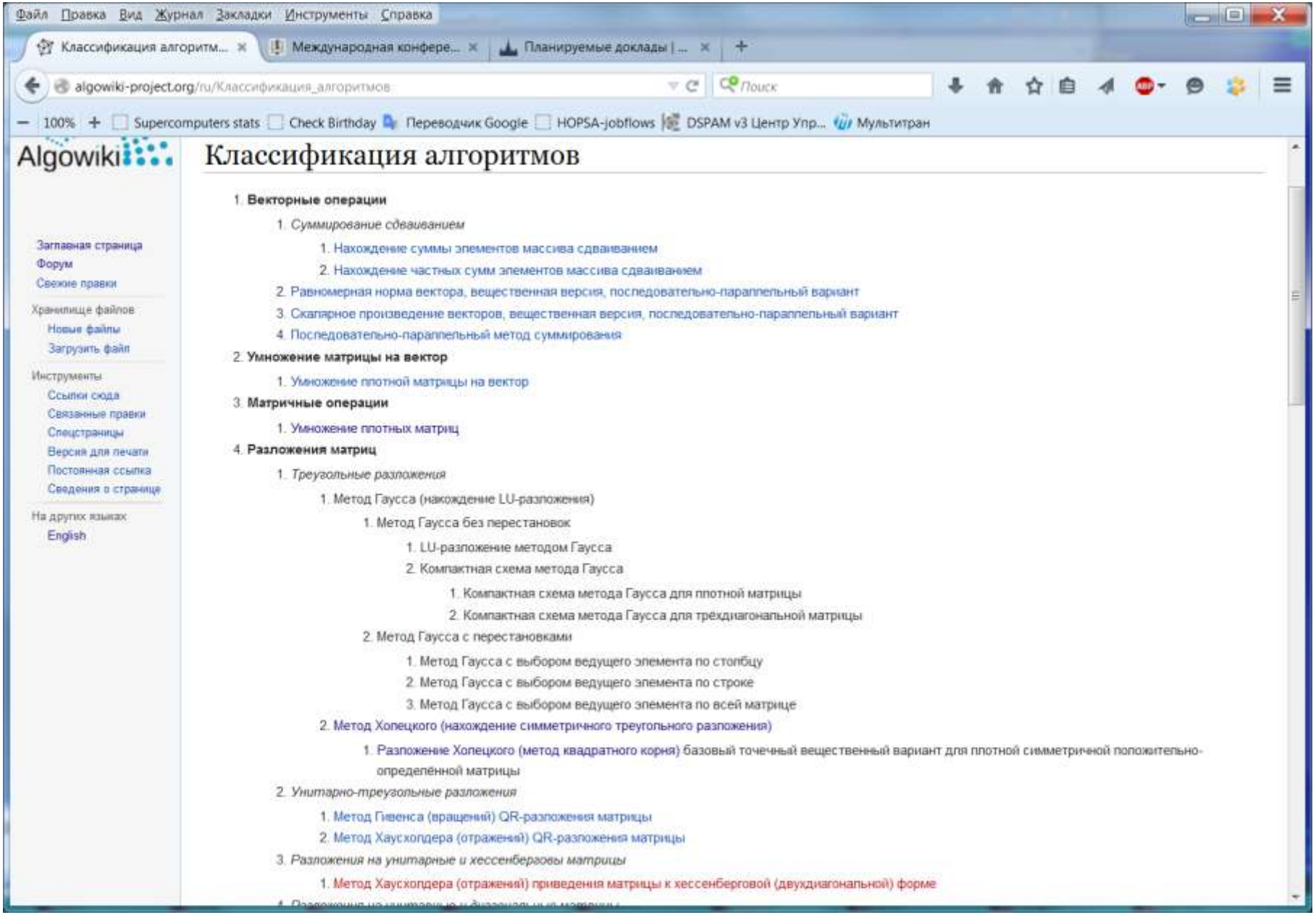
Изображение дня

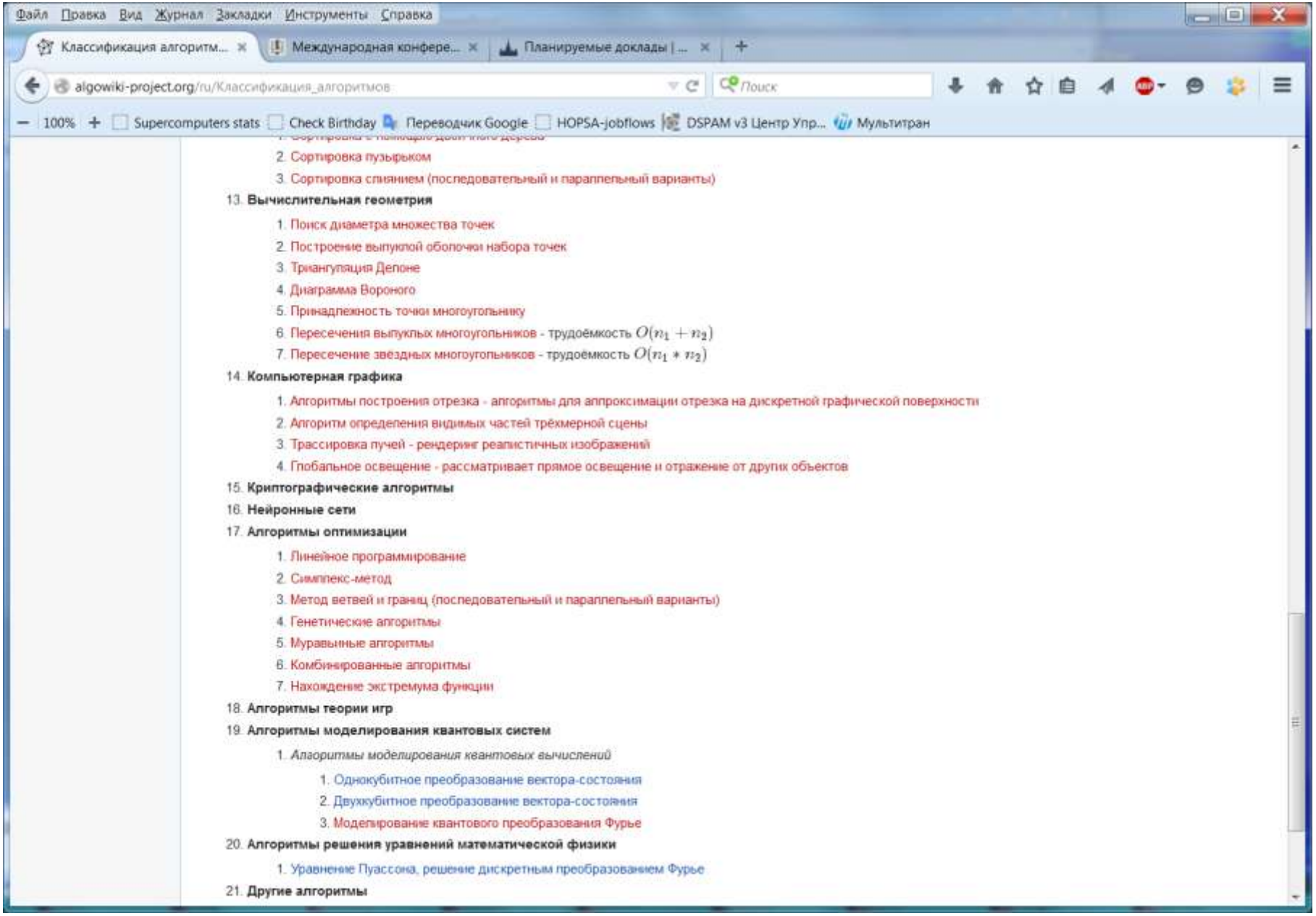


Производительность умножения плотных матриц

Организация работы

- Структура описания свойств алгоритмов
- Руководства по заполнению разделов описания


Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка
Классификация алгоритм...
Международная конфере...
Планируемые доклады | ...
algowiki-project.org/ru/Классификация_алгоритмов
Поиск
100%
Supercomputers stats
Check Birthday
Переводчик Google
HOPSA-jobflows
DSPAM v3 Центр Упр...
Мультитран
Algowiki
Заглавная страница
Форум
Свежие правки
Хранилище файлов
Новые файлы
Загрузить файл
Инструменты
Ссылки сюда
Связанные правки
Спецстраницы
Версия для печати
Постоянная ссылка
Сведения о странице
На других языках
English
Классификация алгоритмов
1. Векторные операции
1. Суммирование сдваиванием
1. Нахождение суммы элементов массива сдваиванием
2. Нахождение частных сумм элементов массива сдваиванием
2. Равномерная норма вектора, вещественная версия, последовательно-параллельный вариант
3. Скалярное произведение векторов, вещественная версия, последовательно-параллельный вариант
4. Последовательно-параллельный метод суммирования
2. Умножение матрицы на вектор
1. Умножение плотной матрицы на вектор
3. Матричные операции
1. Умножение плотных матриц
4. Разложения матриц
1. Треугольные разложения
1. Метод Гаусса (нахождение LU-разложения)
1. Метод Гаусса без перестановок
1. LU-разложение методом Гаусса
2. Компактная схема метода Гаусса
1. Компактная схема метода Гаусса для плотной матрицы
2. Компактная схема метода Гаусса для трёхдиагональной матрицы
2. Метод Гаусса с перестановками
1. Метод Гаусса с выбором ведущего элемента по столбцу
2. Метод Гаусса с выбором ведущего элемента по строке
3. Метод Гаусса с выбором ведущего элемента по всей матрице
2. Метод Холецкого (нахождение симметричного треугольного разложения)
1. Разложение Холецкого (метод квадратного корня) базовый точечный вещественный вариант для плотной симметричной положительно-определённой матрицы
2. Унитарно-треугольные разложения
1. Метод Гивенса (вращений) QR-разложения матрицы
2. Метод Хаусхолдера (отражений) QR-разложения матрицы
3. Разложения на унитарные и хессенберговы матрицы
1. Метод Хаусхолдера (отражений) приведения матрицы к хессенберговой (двухдиагональной) форме



2. Сортировка пузырьком
3. Сортировка слиянием (последовательный и параллельный варианты)

13. **Вычислительная геометрия**
    1. Поиск диаметра множества точек
    2. Построение выпуклой оболочки набора точек
    3. Триангуляция Делоне
    4. Диаграмма Вороного
    5. Принадлежность точки многоугольнику
    6. Пересечения выпуклых многоугольников - трудоёмкость $O(n_1 + n_2)$
    7. Пересечение звездных многоугольников - трудоёмкость $O(n_1 * n_2)$
14. **Компьютерная графика**
    1. Алгоритмы построения отрезка - алгоритмы для аппроксимации отрезка на дискретной графической поверхности
    2. Алгоритм определения видимых частей трёхмерной сцены
    3. Трассировка лучей - рендеринг реалистичных изображений
    4. Глобальное освещение - рассматривает прямое освещение и отражение от других объектов
15. **Криптографические алгоритмы**
16. **Нейронные сети**
17. **Алгоритмы оптимизации**
    1. Линейное программирование
    2. Симплекс-метод
    3. Метод ветвей и границ (последовательный и параллельный варианты)
    4. Генетические алгоритмы
    5. Муравьиные алгоритмы
    6. Комбинированные алгоритмы
    7. Нахождение экстремума функции
18. **Алгоритмы теории игр**
19. **Алгоритмы моделирования квантовых систем**
    1. *Алгоритмы моделирования квантовых вычислений*
        1. Однокубитное преобразование вектора-состояния
        2. Двухкубитное преобразование вектора-состояния
        3. Моделирование квантового преобразования Фурье
20. **Алгоритмы решения уравнений математической физики**
    1. Уравнение Пуассона, решение дискретным преобразованием Фурье
21. **Другие алгоритмы**

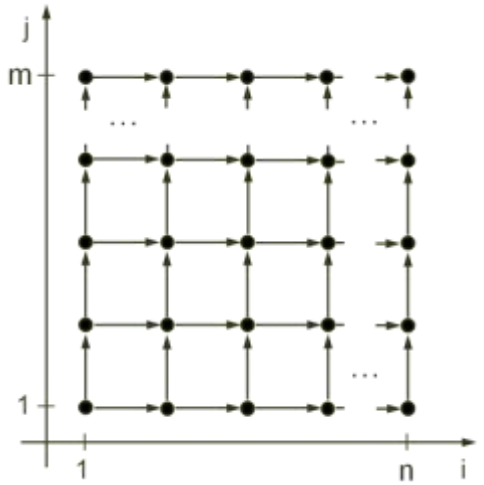
Описание свойств и структуры алгоритмов

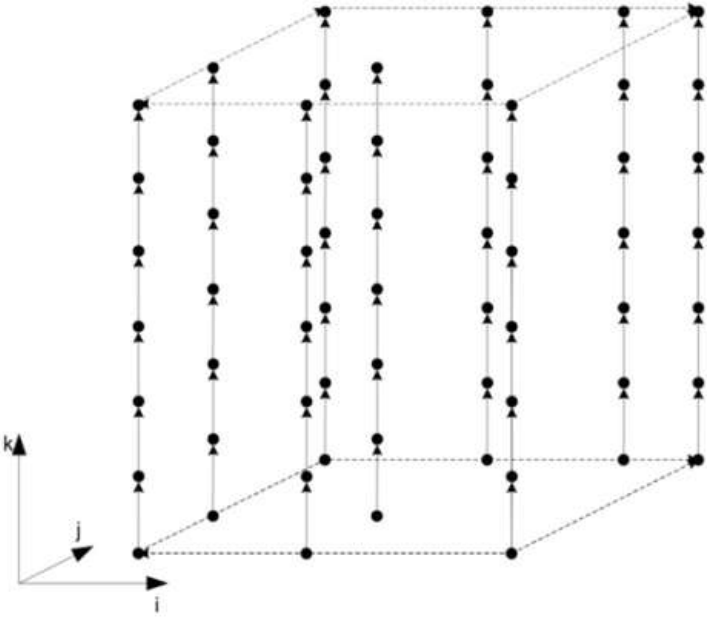
(от мобильных платформ до экзафлопсных суперкомпьютерных систем)

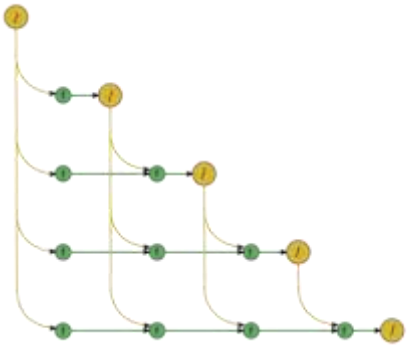
I. Описание свойств и структуры алгоритмов: общая часть

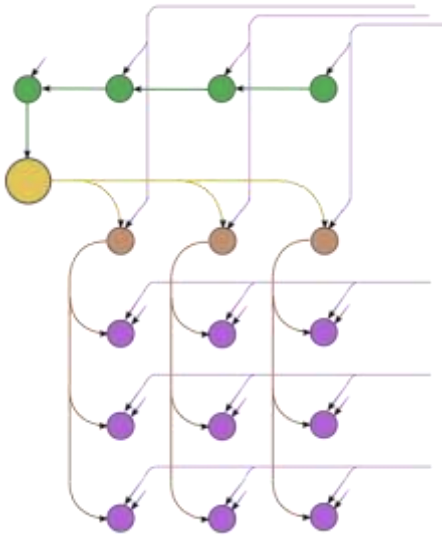
- Общее описание алгоритма
- Математическое описание
- Вычислительное ядро алгоритма
- Макроструктура алгоритма
- Описание схемы реализации последовательного алгоритма
- Последовательная сложность алгоритма
- Информационный граф
- Описание ресурса параллелизма алгоритма
- Описание входных и выходных данных
- Свойства алгоритма
- …

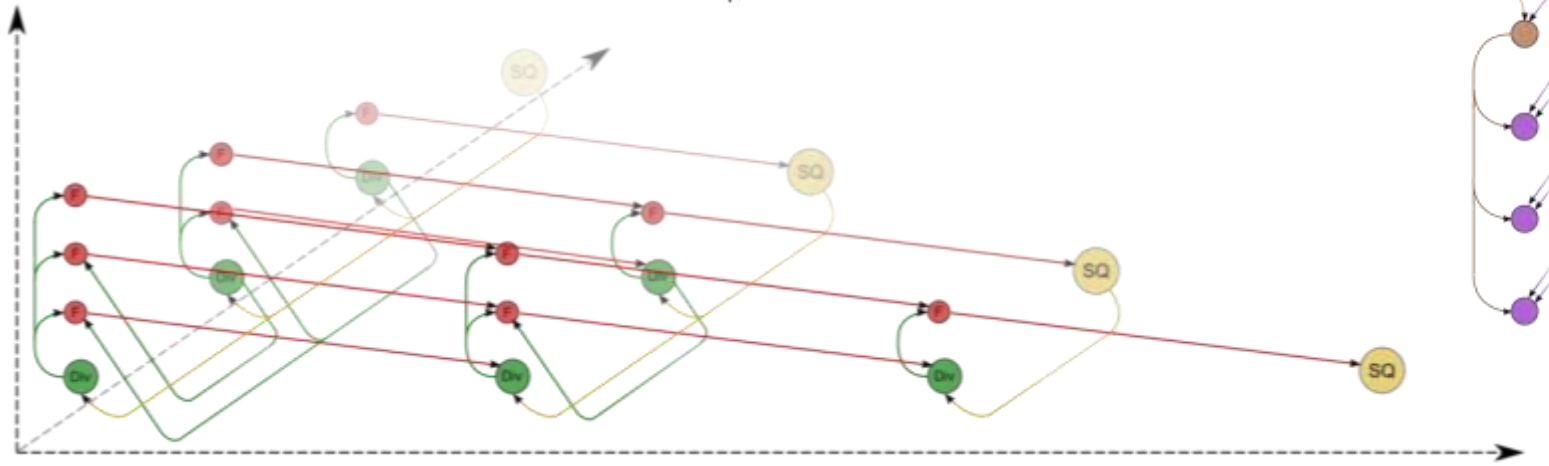
Описание свойств и структуры алгоритмов
(информационный граф)



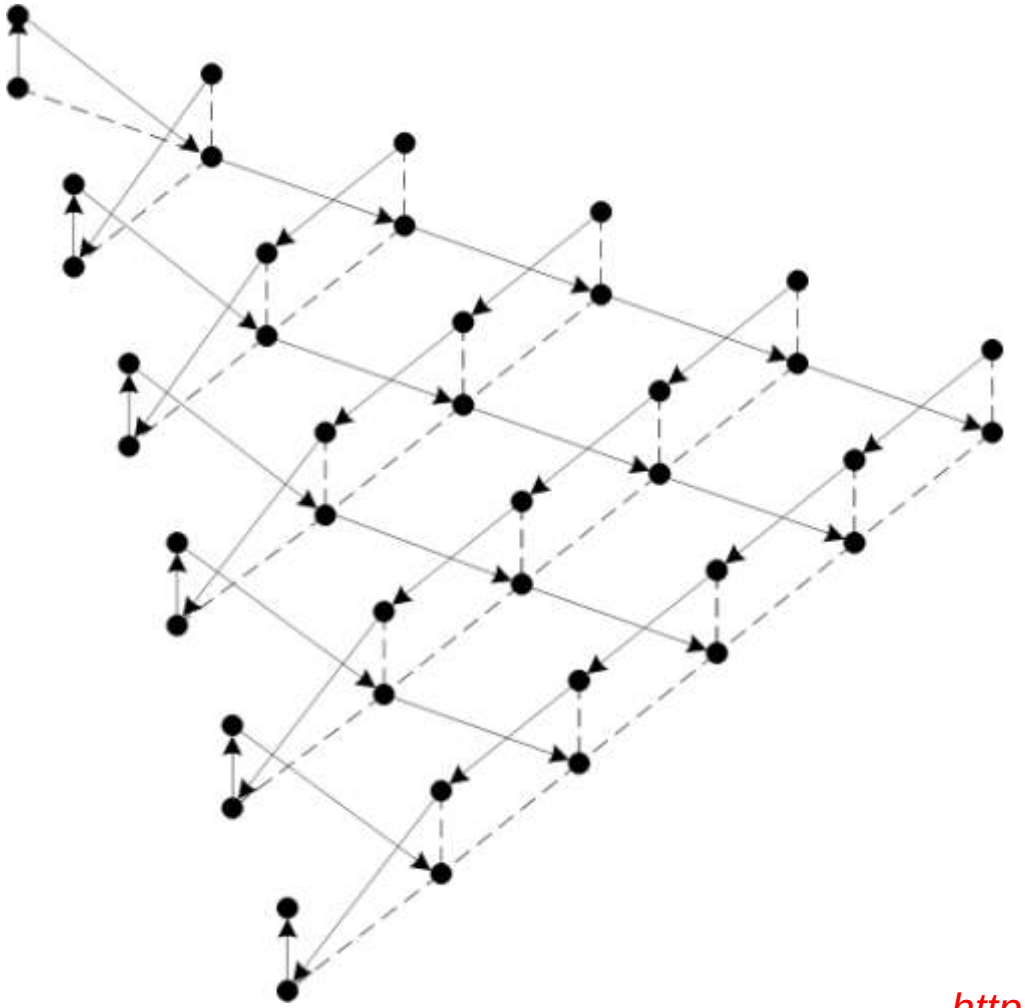




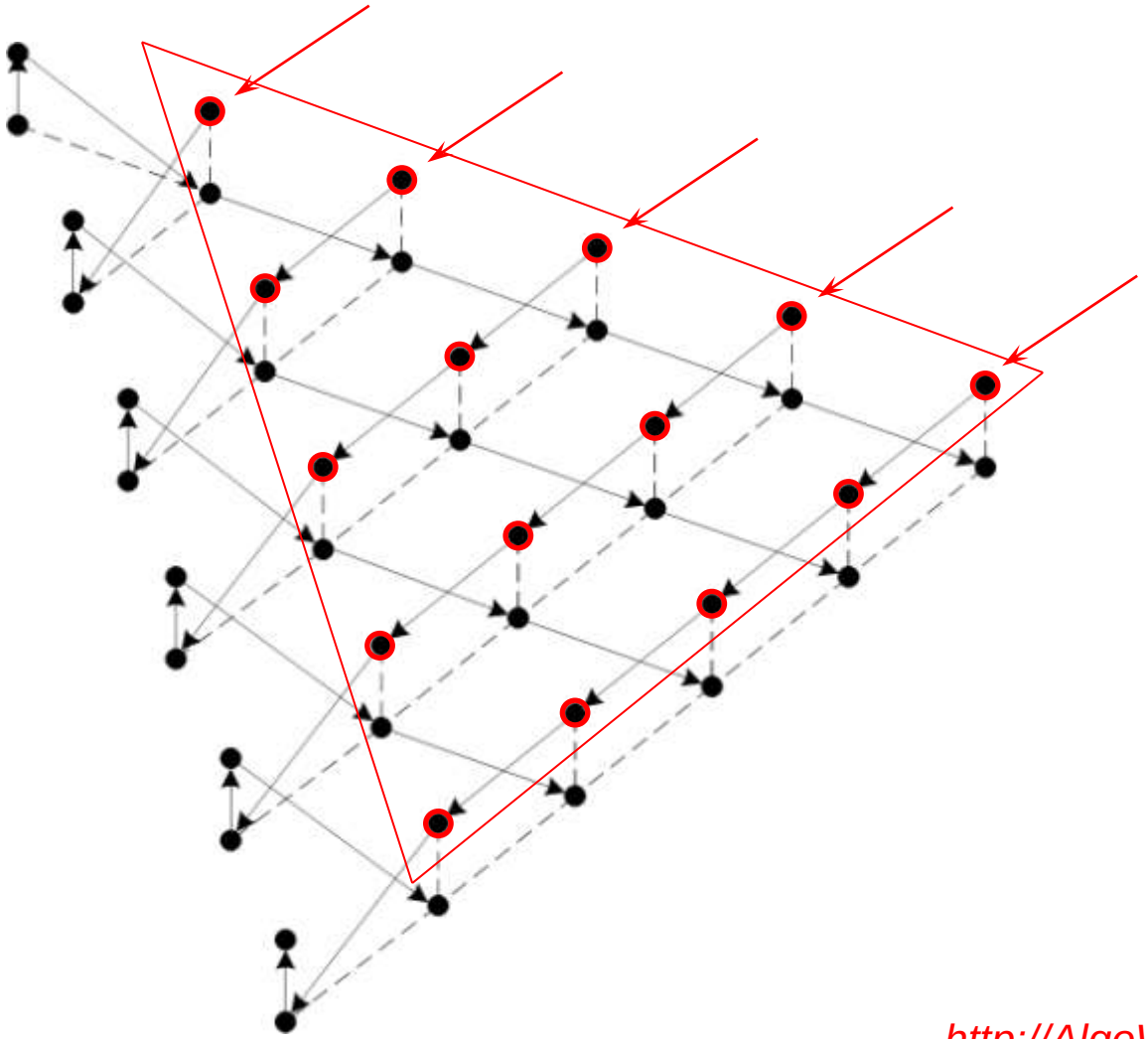




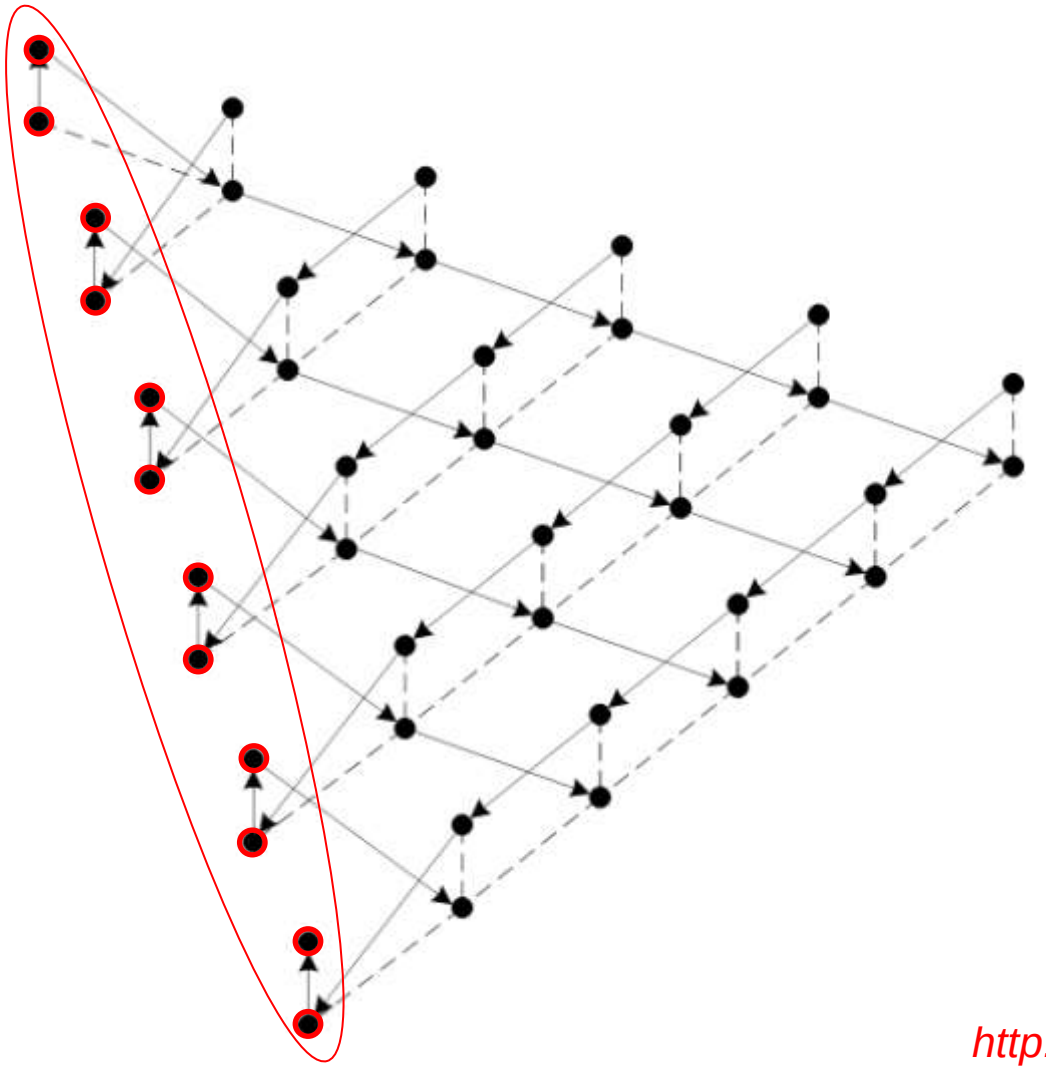
Описание свойств и структуры алгоритмов
(информационный граф)



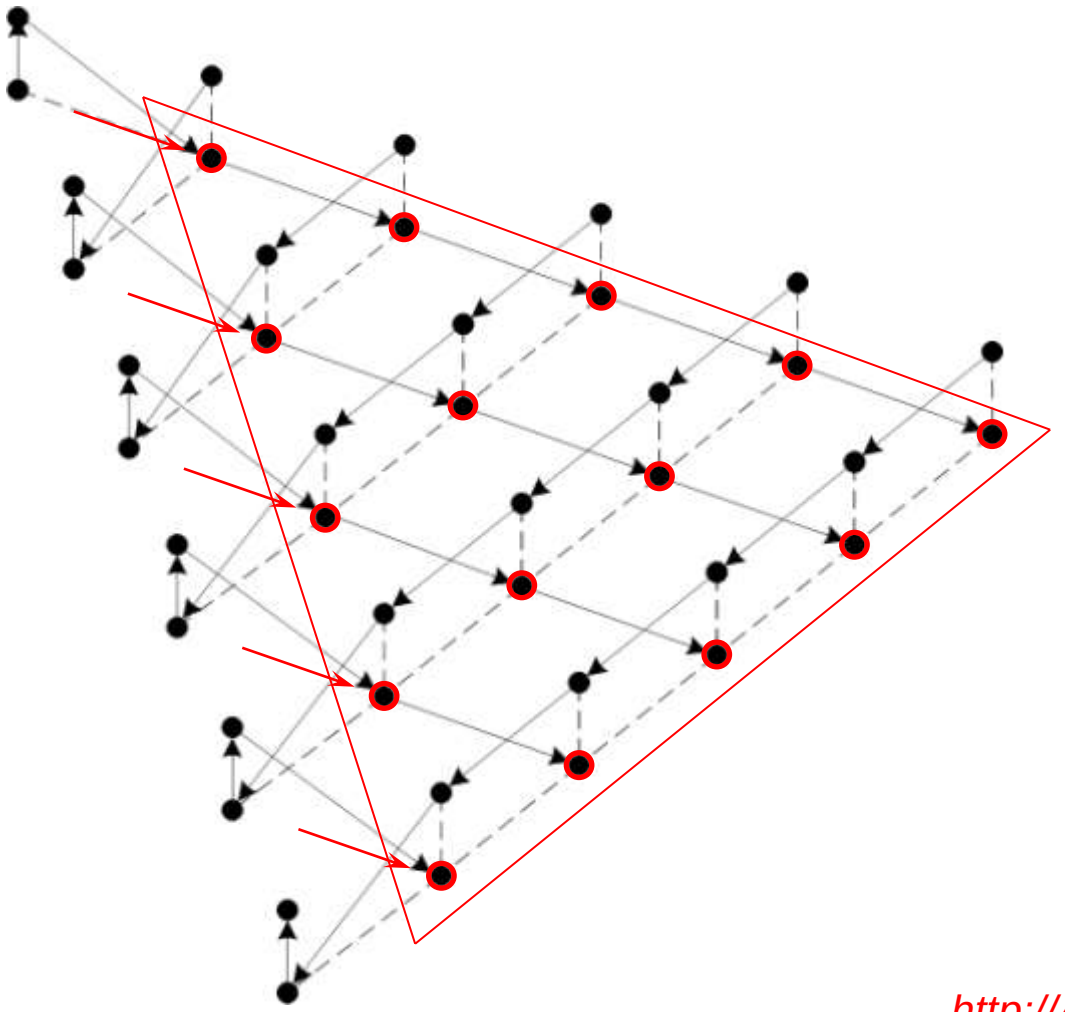
Описание свойств и структуры алгоритмов
(информационный граф)



Описание свойств и структуры алгоритмов
(информационный граф)



Описание свойств и структуры алгоритмов
(информационный граф)



Описание свойств и структуры алгоритмов

Метод Холецкого (нахождение симметричного треугольного разложения)

Содержание [убрать]

Описание свойств и структуры алгоритмов

(от мобильных платформ до экзафлопсных суперкомпьютерных систем)

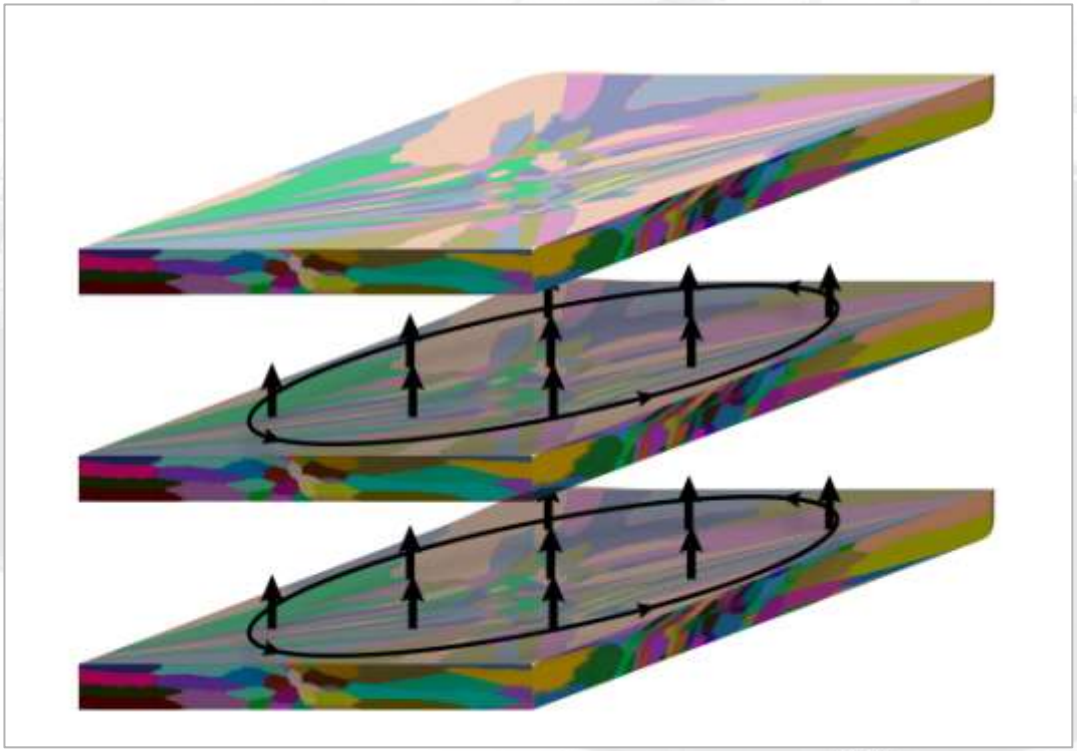
I. Описание свойств и структуры алгоритмов: общая часть

- Общее описание алгоритма
- Математическое описание
- Вычислительное ядро алгоритма
- Макроструктура алгоритма
- Описание схемы реализации последовательного алгоритма
- Последовательная сложность алгоритма
- Информационный граф
- Описание ресурса параллелизма алгоритма
- Описание входных и выходных данных
- Свойства алгоритма
- …

Описание свойств и структуры алгоритмов
(свойства алгоритмов)

- соотношение последовательной и параллельной сложности данного алгоритма;
- вычислительная мощность алгоритма (отношение числа операций к суммарному объему входных и выходных данных);
- сбалансированность типов операций;
- детерминированность алгоритма, которая может определяться:
  - числом итераций,
  - структурами данных (например, структура разреженности матриц),
  - использование датчиков случайных чисел,
  - использование другого порядка выполнения ассоциативных операций, что может привести к накоплению ошибок округления.
- особенности семейств дуг информационного графа, регулярность, наличие “длинных” дуг в информационном графе;
- интенсивность работы с данными, степень исхода вершин информационного графа;
- известные компактные укладки графа;
- …

Описание свойств и структуры алгоритмов
(повторяемость результатов)

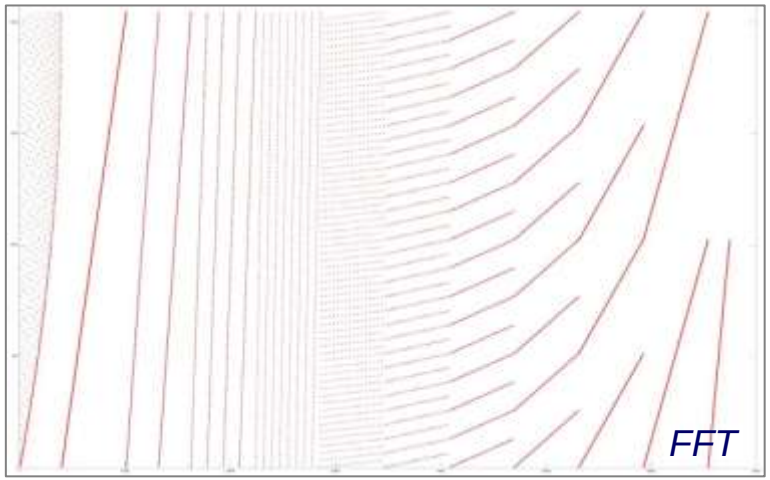


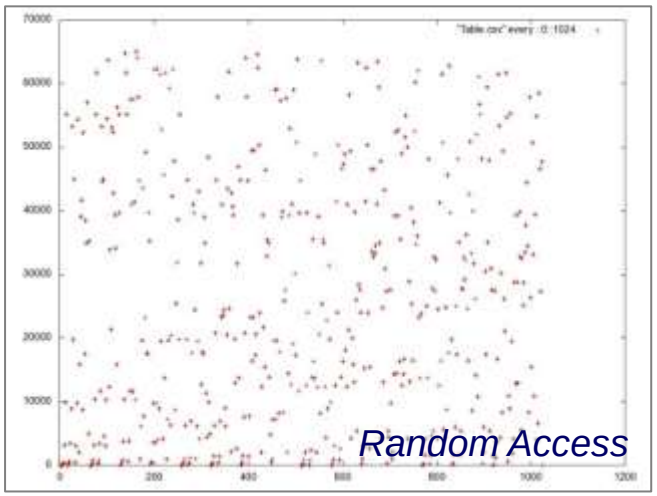
Описание свойств и структуры алгоритмов
(от мобильных платформ до экзафлопсных суперкомпьютерных систем)

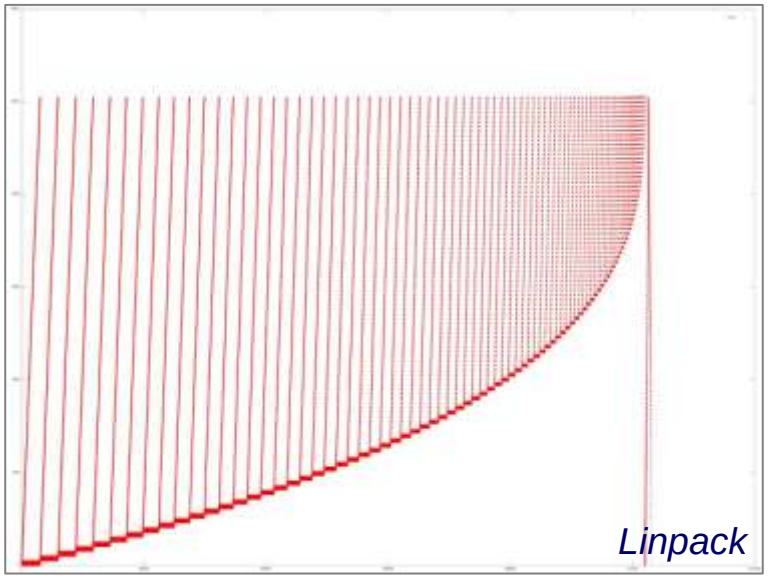
II. Описание свойств и структуры алгоритмов: программная реализация

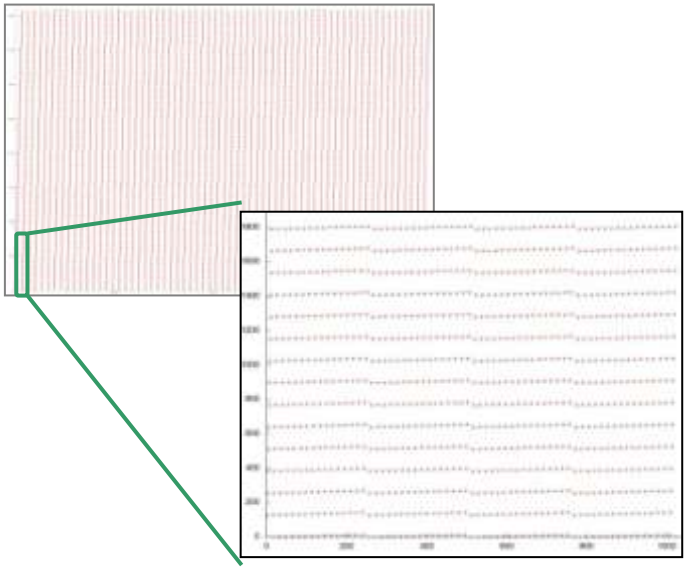
- Особенности реализации последовательного алгоритма
- Описание локальности данных и вычислений
- Возможные способы и особенности реализации параллельного алгоритма
- Масштабируемость алгоритма и его реализации
- Эффективность реализации алгоритма
- Выводы для классов архитектур
- Существующие реализации алгоритма
- …

Описание свойств и структуры алгоритмов
(описание локальности данных)



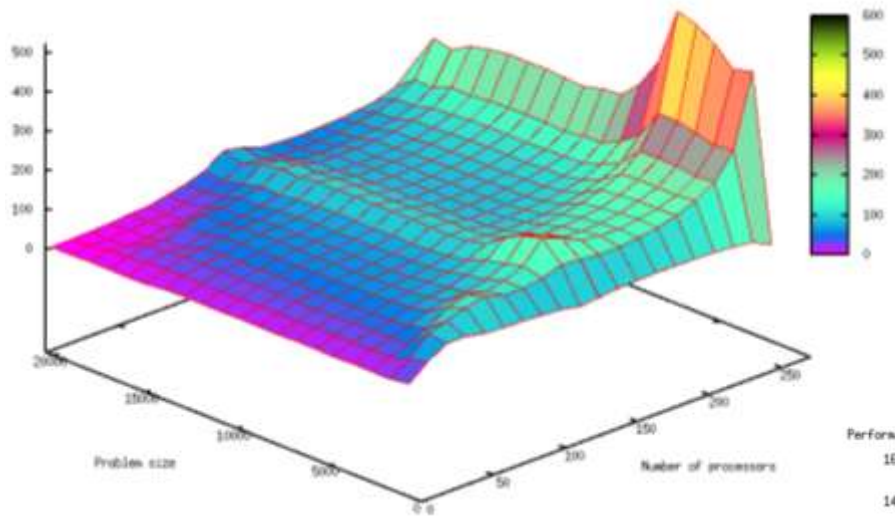




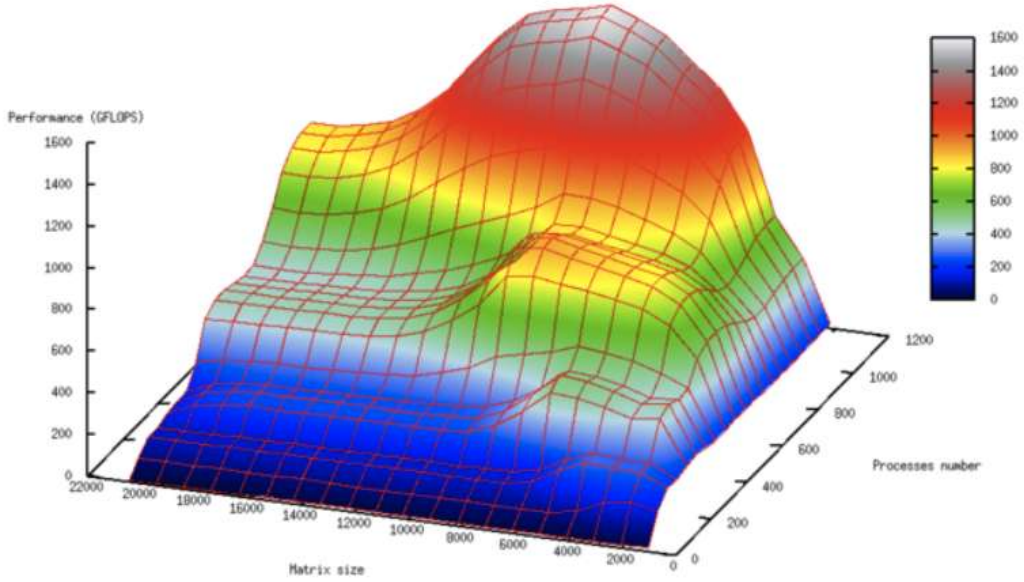


Courtesy of Vad.Voevodin, MSU

Описание свойств и структуры алгоритмов
(масштабируемость алгоритмов: производительность)

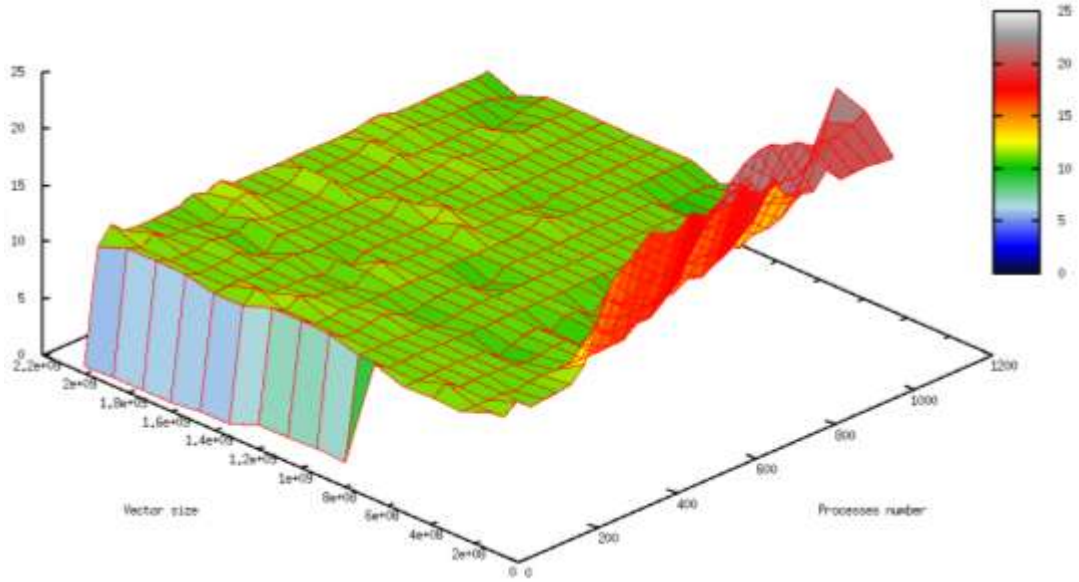


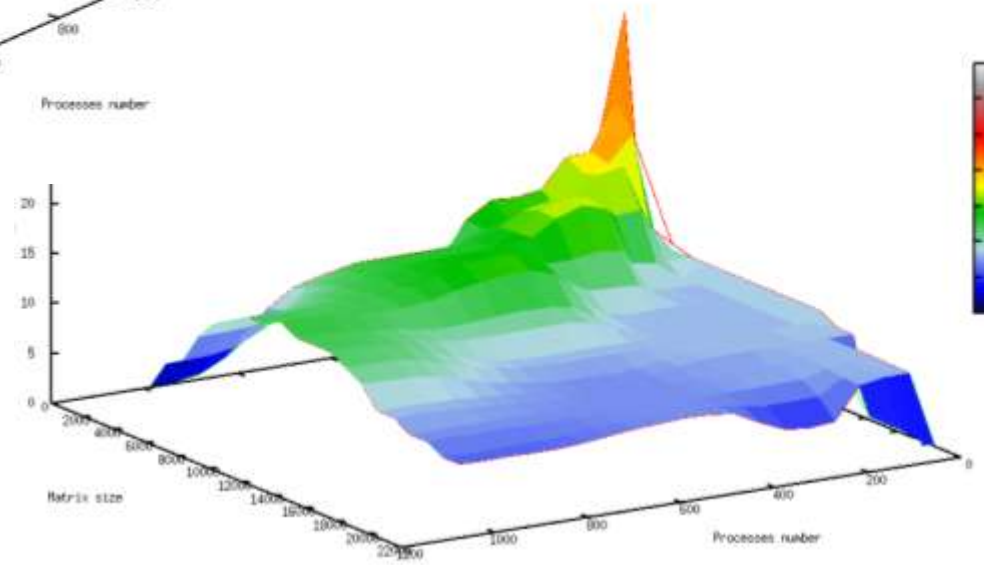
AlgoWiki и Top500



Courtesy of A.Teplov, MSU

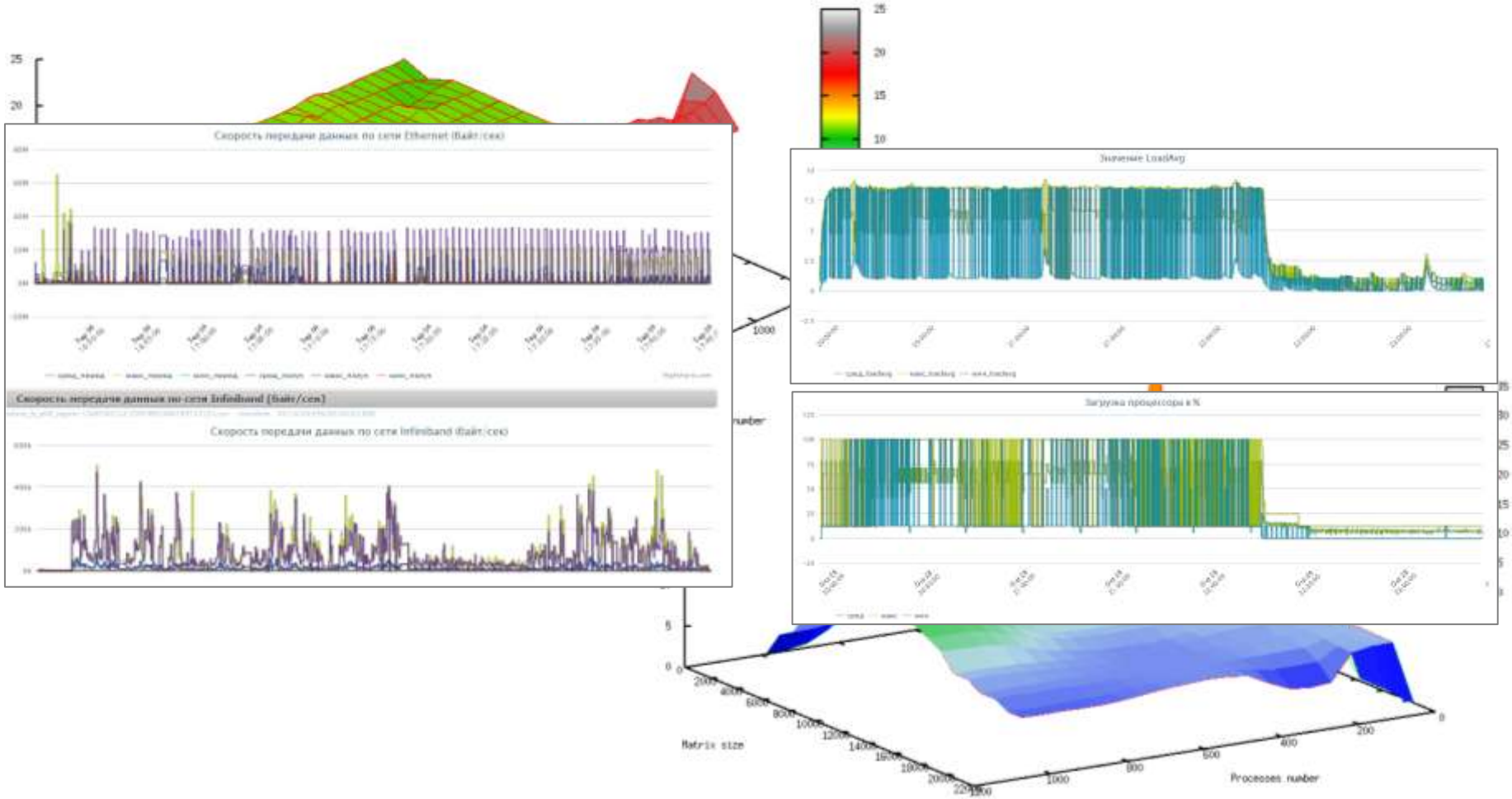
Описание свойств и структуры алгоритмов
(масштабируемость алгоритмов: эффективность)





Courtesy of A.Teplov, MSU

Описание свойств и структуры алгоритмов
(динамические характеристики)



Courtesy of A.Teplov, MSU

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

Алговики | Международная конфере... | Планируемые доклады | ...

algowiki-project.org/ru/Открытая_энциклопедия_свойств_алгоритмов

Войти Запрос учётной записи

Algowiki

Статья Обсуждение Читать Просмотр История Поиск

Открытая энциклопедия свойств алгоритмов

Заглавная страница
Форум
Свежие правки
Хранилище файлов
Новые файлы
Загрузить файл
Инструменты
Ссылки сюда
Связанные правки
Спецстраницы
Версия для печати
Постоянная ссылка
Сведения о странице
На других языках
English

Добро пожаловать!

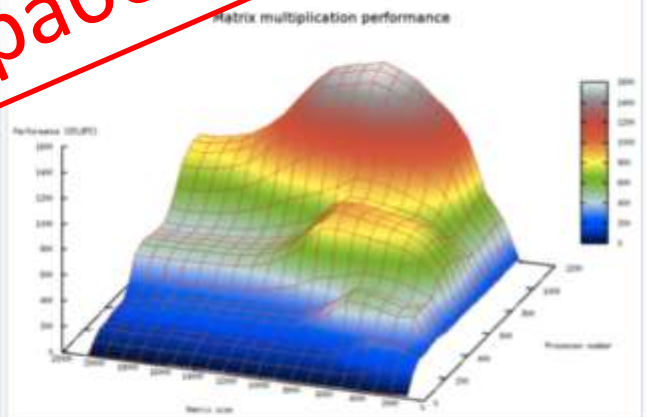
AlgoWiki - это открытая энциклопедия по **свойствам** алгоритмов и особенностям их **реализации** на различных программно-аппаратных платформах от мобильных платформ до экзафлопсных суперкомпьютеров с учетом особенностей коллективной работы всего мирового вычислительного сообщества.

Цель **AlgoWiki** - дать исчерпывающее описание алгоритма, которое позволит оценить его потенциал применительно к конкретной параллельной вычислительной платформе. Кроме классических свойств алгоритмов, например, вычислительной сложности, в AlgoWiki представлены дополнительные свойства, являющиеся в совокупности полную картину об алгоритме: параллельная структура, детерминированность, эффективность и масштабируемость, информационный профиль конкретных реализаций и многие другие.

Читать 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.



Производительность умножения плотных матриц

Организация работы

- Структура описания свойств алгоритмов
- Руководства по заполнению разделов описания

AlgoWiki – коллективная разработка !

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Международная летняя суперкомпьютерная Академия

Математические основы параллельных вычислений

Воеводин Вл.В.
Зам.директора НИВЦ МГУ
Зав.кафедрой Суперкомпьютеров и квантовой информатики ВМК МГУ

voevodin@parallel.ru

24 июня 2015 г., МГУ, Москва

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ