Юго-Западный государственный университет
Кафедра вычислительной техники

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ДОБРОВОЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЙ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В РАМКАХ ПРОЕКТА GERASIM@HOME

Ватутин Эдуард Игоревич

Дубна, 2014

Классификация методов решения задач дискретной комбинаторной оптимизации

Универсальные методы:

- полный перебор (метод ветвей и границ);
- перебор с ограничением глубины;
- жадные алгоритмы;
- (взвешенный) случайный перебор;
- алгоритм муравьиной колонии;
- метод имитации отжига;
- эволюционные методы.

Специализированные методы:

- метод параллельно-последовательной декомпозиции;
- алгоритм Дейкстры;
- Венгерский алгоритм (алгоритм Куна);
- …

Классификация методов решения задач дискретной комбинаторной оптимизации

Точные методы (гарантируют получение оптимального решения):

- полный перебор (метод ветвей и границ);
- алгоритм Дейкстры;
- Венгерский алгоритм (алгоритм Куна);
- жадные алгоритмы (минимальное остовное дерево).

Приближенные методы (субоптимальные решения):

- перебор с ограничением глубины;
- жадные алгоритмы (большинство задач);
- (взвешенный) случайный перебор;
- алгоритм муравьиной колонии;
- метод имитации отжига;
- эволюционные методы;
- различные специализированные методы.

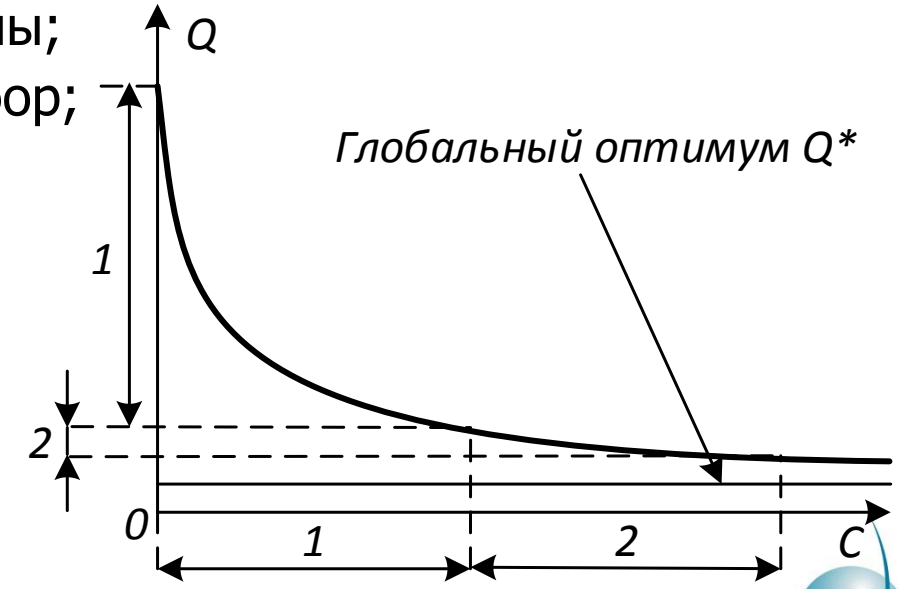
Классификация методов решения задач дискретной комбинаторной оптимизации

Последовательные методы:

- жадный алгоритм;
- ряд специализированных методов (алгоритм Дейкстры, метод параллельно-последовательной декомпозиции, …).

Итерационные методы:

- полный перебор (метод ветвей и границ);
- перебор с ограничением глубины;
- (взвешенный) случайный перебор;
- алгоритм муравьиной колонии;
- метод имитации отжига;
- эволюционные методы.



Оценка качества решений, скорости сходимости и затрат вычислительного времени

Качество решений:

- при $C \to \infty$ $Q \to Q^*$;
- как определить C_{min}, такое что $\Delta Q = |Q - Q^*|$ является приемлемым для рассматриваемой задачи (например, $\Delta Q/Q^* 100\% < 5\%$)?

Возможность распараллеливания:

- не распараллеливаемые (метод параллельно-последовательной декомпозиции – теоретически не более 10% выигрыша по закону Амдала);
- распараллеливаемые путем сведения к сильно- или слабосвязным задачам (муравьиный алгоритм при M=1 или M=100) – ограничения на классы параллельных вычислительных средств;
- тривиально распараллеливаемые (случайный перебор, взвешенный случайный перебор).

Оценка качества решений с использованием выборок случайных исходных данных

Выборка случайных исходных данных

$$\Lambda = \{G_1, G_2, ..., G_K\}$$

Средневыборочное абсолютное значение показателя качества

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^{K} Q(G_i)\phi(G_i)}{K}, \phi(G_i) \in \{0, 1\}$$

$$\bar{Q} < Q^* ?$$

Среднее отклонение значения показателя от оптимума

$$\Delta\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^{K} \left(Q(G_i) - Q^*(G_i)\right)\phi(G_i)}{K}$$

Оценка качества решений с использованием выборок случайных исходных данных

Вероятность отыскания решения

$$\overline{p} = \frac{\sum_{i=1}^{K} \phi(G_i)}{K}$$

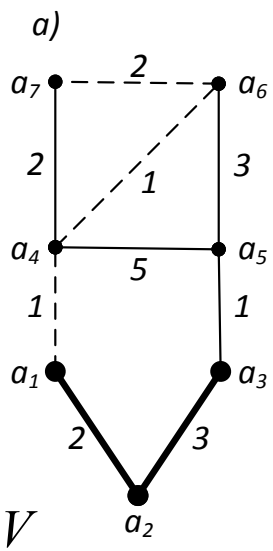
Вероятность отыскания оптимального решения

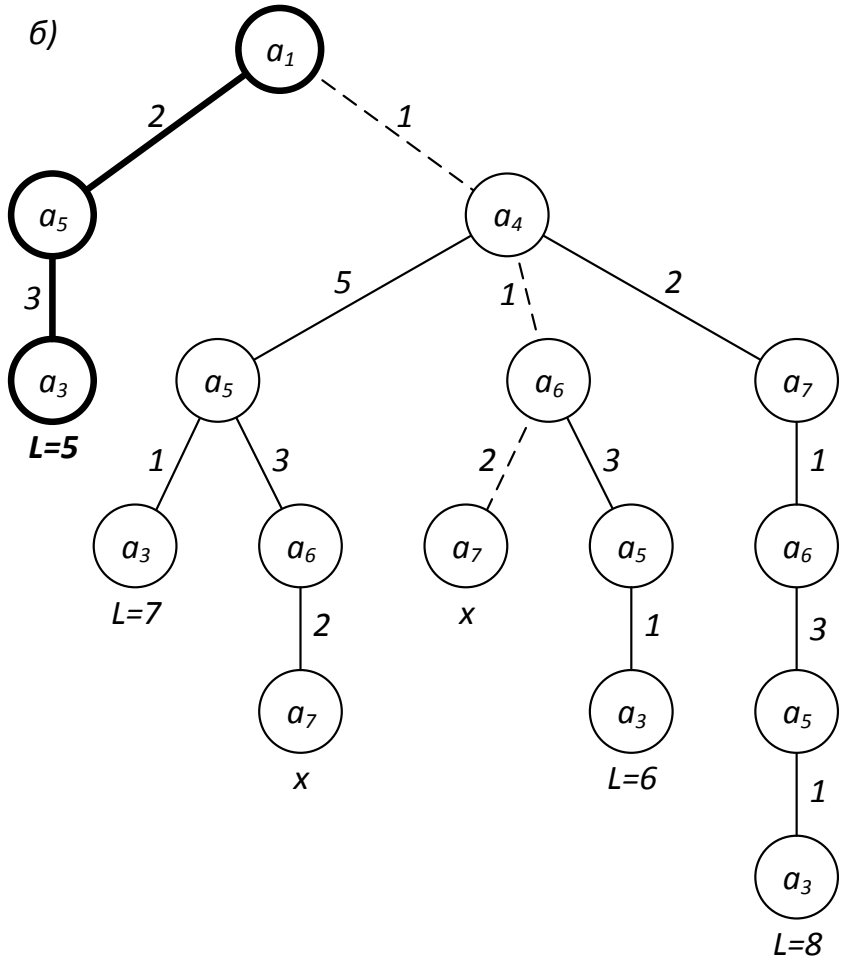
$$\overline{p}_{opt} = \frac{\sum_{i=1}^{K} \theta(G_i)}{K}, \theta(G_i) = \begin{cases} 0, & Q(G_i) > Q^*(G_i) \\ 1, & Q(G_i) = Q^*(G_i) \end{cases}$$

Среднее число итераций

$$\overline{C} = \frac{\sum_{i=1}^{K} C(G_i)}{K}$$

Задача 1 – поиск кратчайшего пути между парой вершин в графе





$$G = \langle A, V \rangle$$

$$A = \{a_1, a_2, ..., a_N\}$$

$$V = \{v_1, v_2, ..., v_M\}, A \times A \subseteq V$$

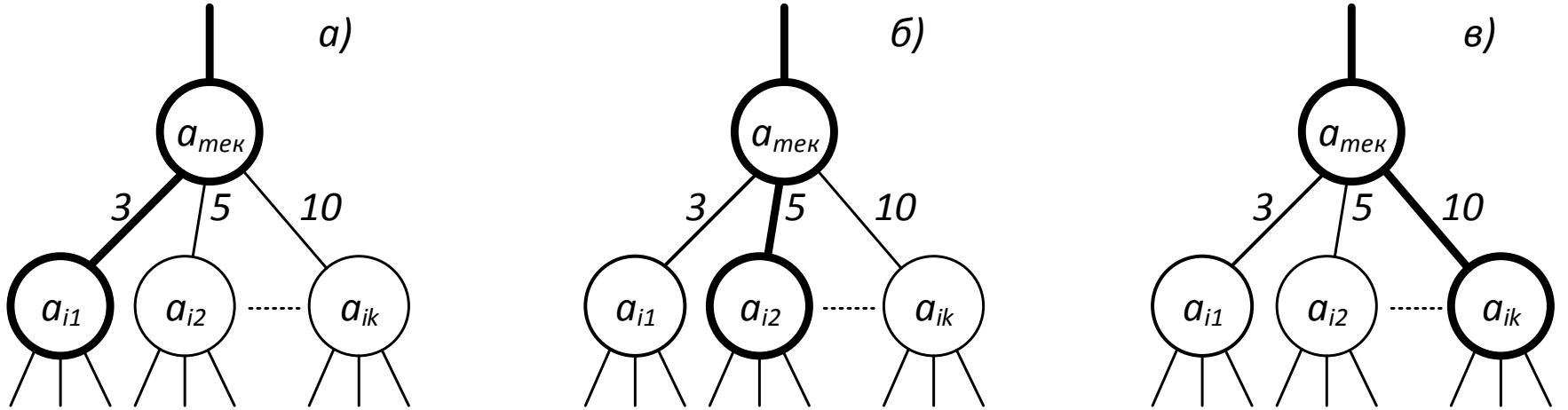
$$d = \frac{M}{N(N-1)}$$

$$l(v_i) = l_{j,k}, v_i = (a_i, a_k), \exists l(v_i) = \infty$$

$$P = [a_{i_1}, a_{i_2}, ..., a_{i_m}]$$

$$L = \sum_{j=1}^{m-1} l_{i_j, i_{j+1}} \to \min$$

Выбор направления движения в комбинаторном дереве



f_i	3	5	10
F	**3**	5	10

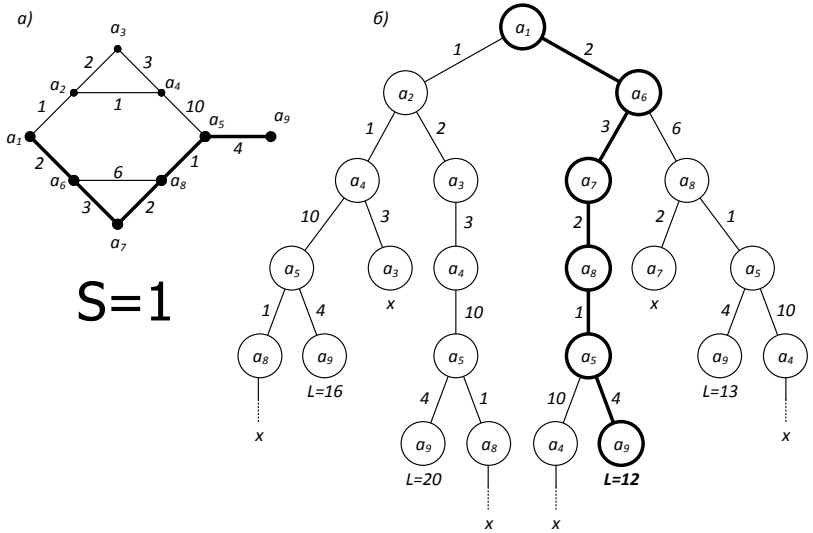
f_i	3	5	10
r	0,87	0,15	0,14
F	4,11	**3,25**	6,40

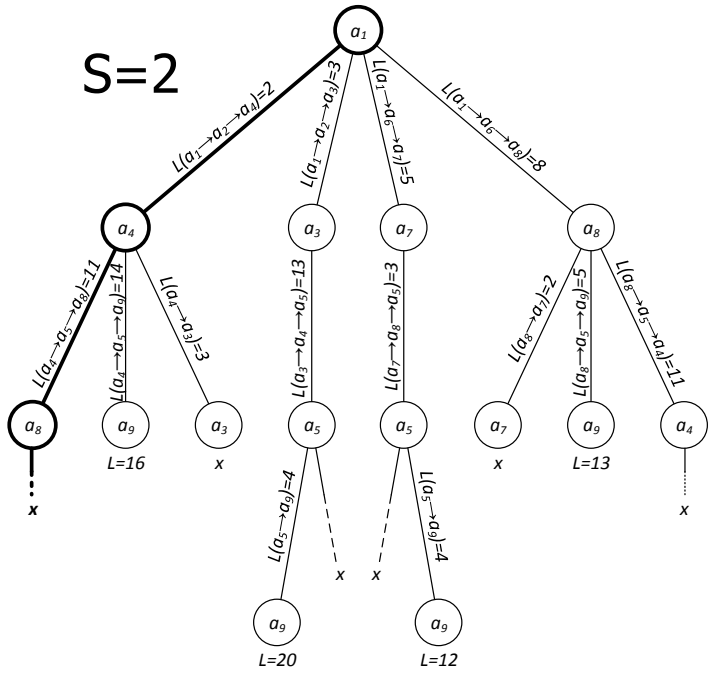
d=0,5

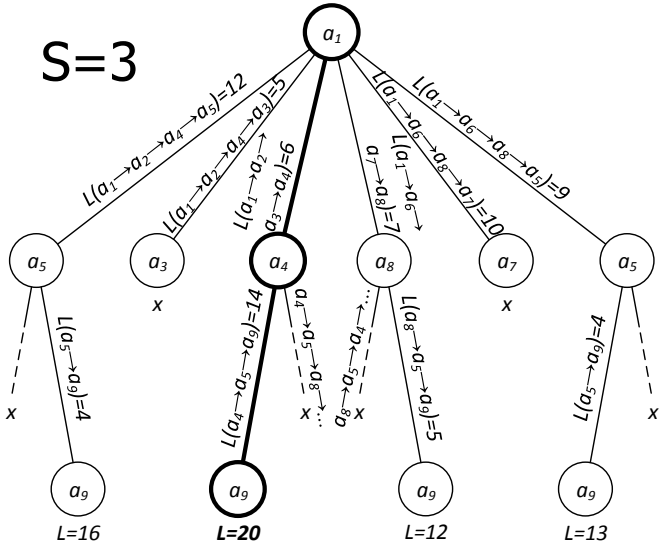
r	0,87	0,15	0,14
F	0,87	0,15	**0,14**

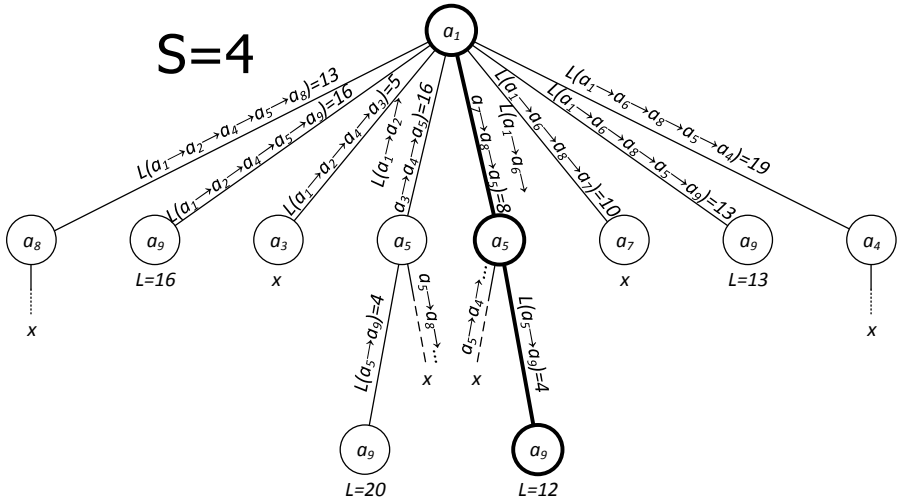
$$x = \arg\min_i F_i = \begin{cases} f_i \\ r_k \\ g\left(f_i, r_k\right) \\ \dfrac{r_k \eta_i^{\alpha} \tau_i^{1-\alpha}}{\sum_{j=1}^{n} \eta_j^{\alpha} \tau_j^{1-\alpha}} \longrightarrow r_k \eta_i^{\alpha} \tau_i^{1-\alpha} \end{cases}$$

Перебор с ограничением глубины









Возможность управлять асимптотической временной сложностью $O(N^{S+1})$

Метод имитации отжига

Модификация текущего решения:

$$T_i := \alpha T_{i-1}$$

$$0 < \alpha < 1$$

- добавление вершины

$$P' = \left[a_{i_1}, ..., a_{i_R}, a_j, a_{i_{R+1}}, ..., a_{i_Q}\right]$$

- удаление вершины

$$P' = \left[a_{i_1}, ..., a_{i_{R-1}}, a_{i_{R+1}}, ..., a_{i_Q}\right]$$

- замена вершины

$$P' = \left[a_{i_1}, ..., a_{i_{R-1}}, a_j, a_{i_{R+1}}, ..., a_{i_Q}\right]$$

- перестановка пары вершин

$$P' = \left[a_{i_1}, ..., a_{i_{R_1-1}}, a_{i_{R_2}}, a_{i_{R_1+1}}, ..., a_{i_{R_2-1}}, a_{i_{R_1}}, a_{i_{R_2+1}}, ..., a_{i_Q}\right]$$

Оценка результата модификации:

$$\Delta L = L\left(P'\right) - L\left(P\right)$$

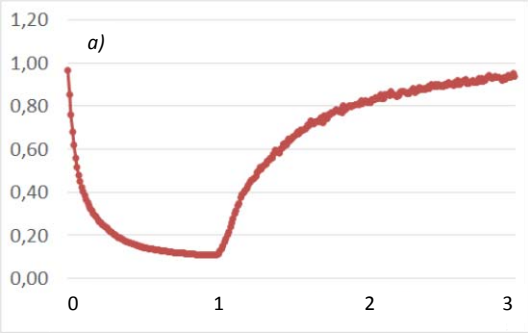
$$p = e^{-\frac{\Delta L}{T}}$$

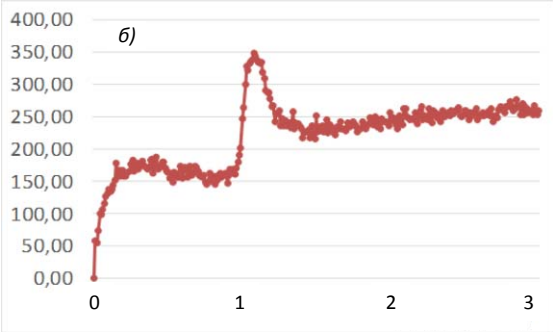
Определение «удачности» модификации:

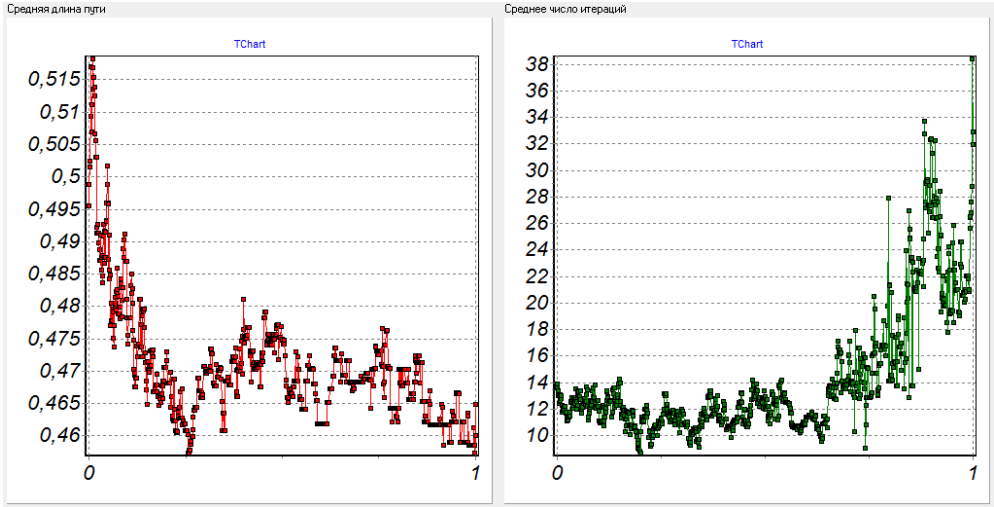
$$\Delta L < 0$$

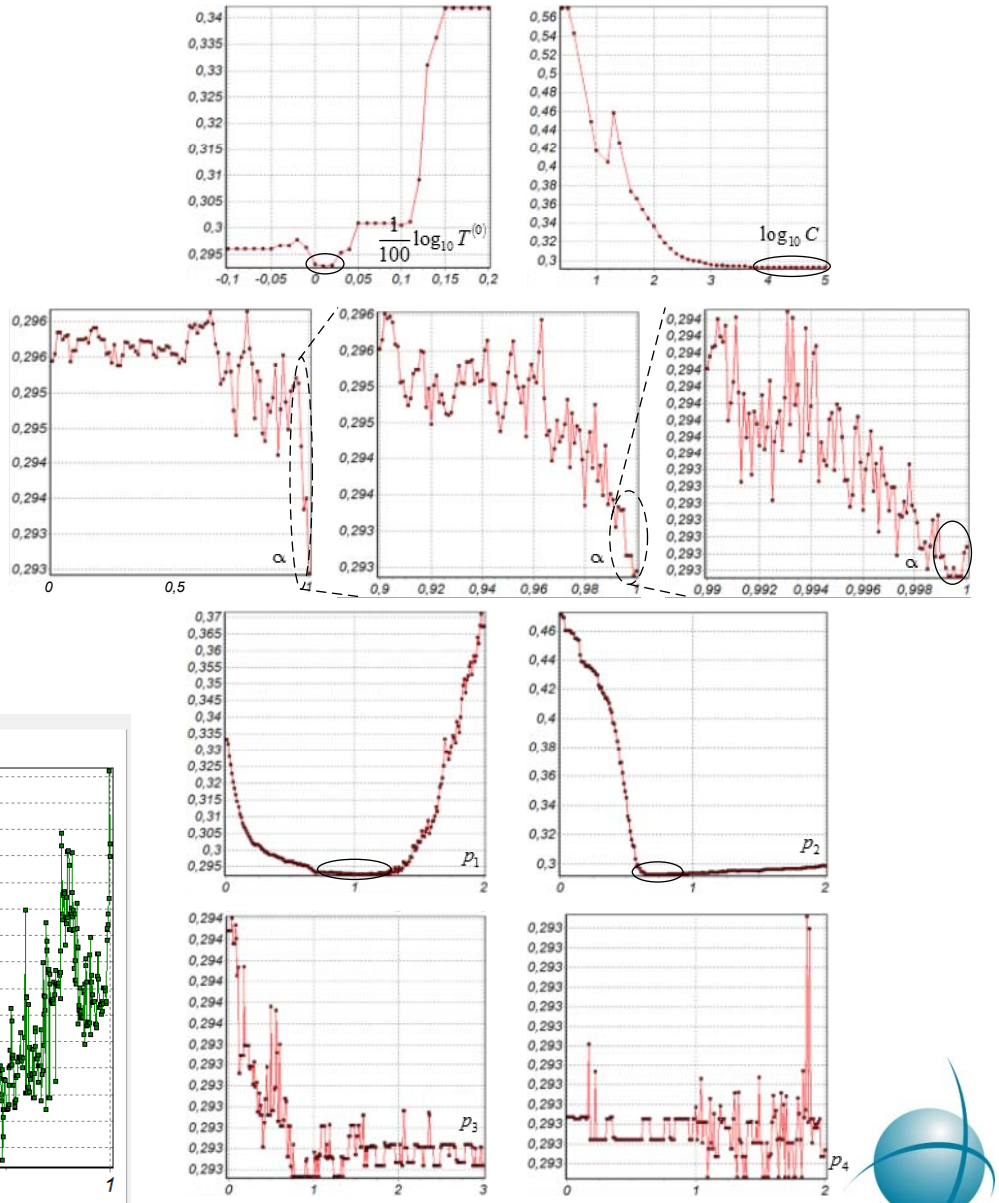
$$\left(\Delta L > 0\right) \wedge \left(r_k > p\right)$$

Примеры параметрической метаоптимизации

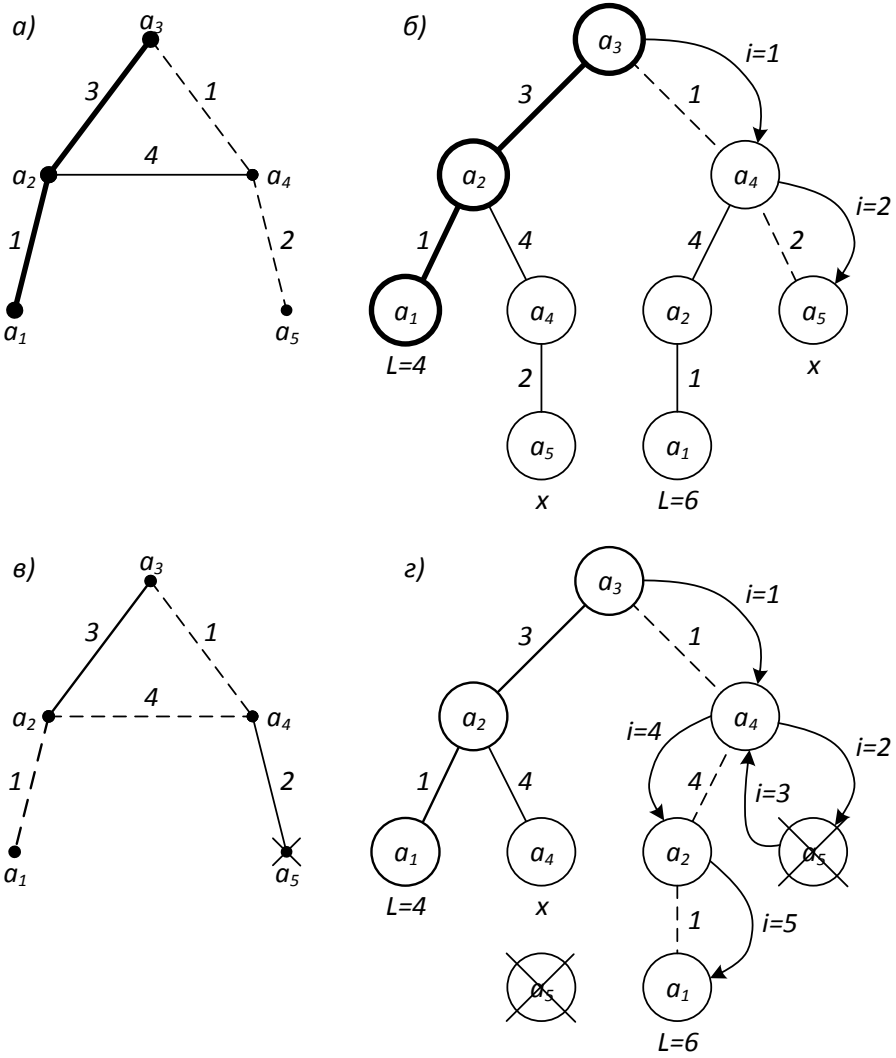








Проблема тупиков



$$N = 30,\ d = 0{,}1$$

Метод	$\bar{L}$	$\Delta\bar{L}$	$\bar{p}$	$\bar{p}_{opt}$	t, мс
O	1,208	0,000	1,00	1,00	0,02
G	1,923	1,086	0,28	0,09	0,003
GR	3,706	2,497	1,00	0,12	0,01
RM	1,159	0,000	0,34	0,34	3,73
RMR	1,211	0,002	1,00	0,97	7,08

Ватутин Э.И., Мартынов И.А., Титов В.С. Способ обхода тупиков при решении задач дискретной оптимизации с ограничениями // ПИТ-2014, Самара

Сопоставление качества решений

$N = 10, d = 0,5$

Метод	$\bar{L}$	$\Delta\bar{L}$	$\bar{p}$	$\bar{p}_{opt}$	$\bar{C}$
O	0,4864	0	1	1	1
G	1,1019	0,6322	0,8558	0,2810	1
RM	0,4821*	0,0004	0,8535	0,8500	108
RMR	0,4866	0,0002	1	0,9975	108
WRM	0,4765*	0,0010	0,8479	0,8436	22
WRMR	0,4873	0,0009	0,9998	0,9940	24
AC	0,4933	0,0069	0,9998	0,9504	11
ACR	0,4965	0,0101	0,9998	0,9367	10
UVLP	0,4964	0,0101	0,9997	0,9352	10

$N = 50, d = 0,5$

Метод	$\bar{L}$	$\Delta\bar{L}$	$\bar{p}$	$\bar{p}_{opt}$	$\bar{C}$
O	0,1634	0	1	1	1
G	1,5576	1,3952	0,9803	0,0839	1
RM	0,2876	0,1243	0,9787	0,2788	536
RMR	0,2874	0,1240	1	0,2853	536
WRM	0,1721	0,0089	0,9806	0,7892	197
WRMR	0,1727	0,0092	1	0,8023	200
AC	0,2060	0,0403	1	0,5429	25
ACR	0,2073	0,0421	1	0,5331	25
UVLP	0,2069	0,0436	1	0,5164	25

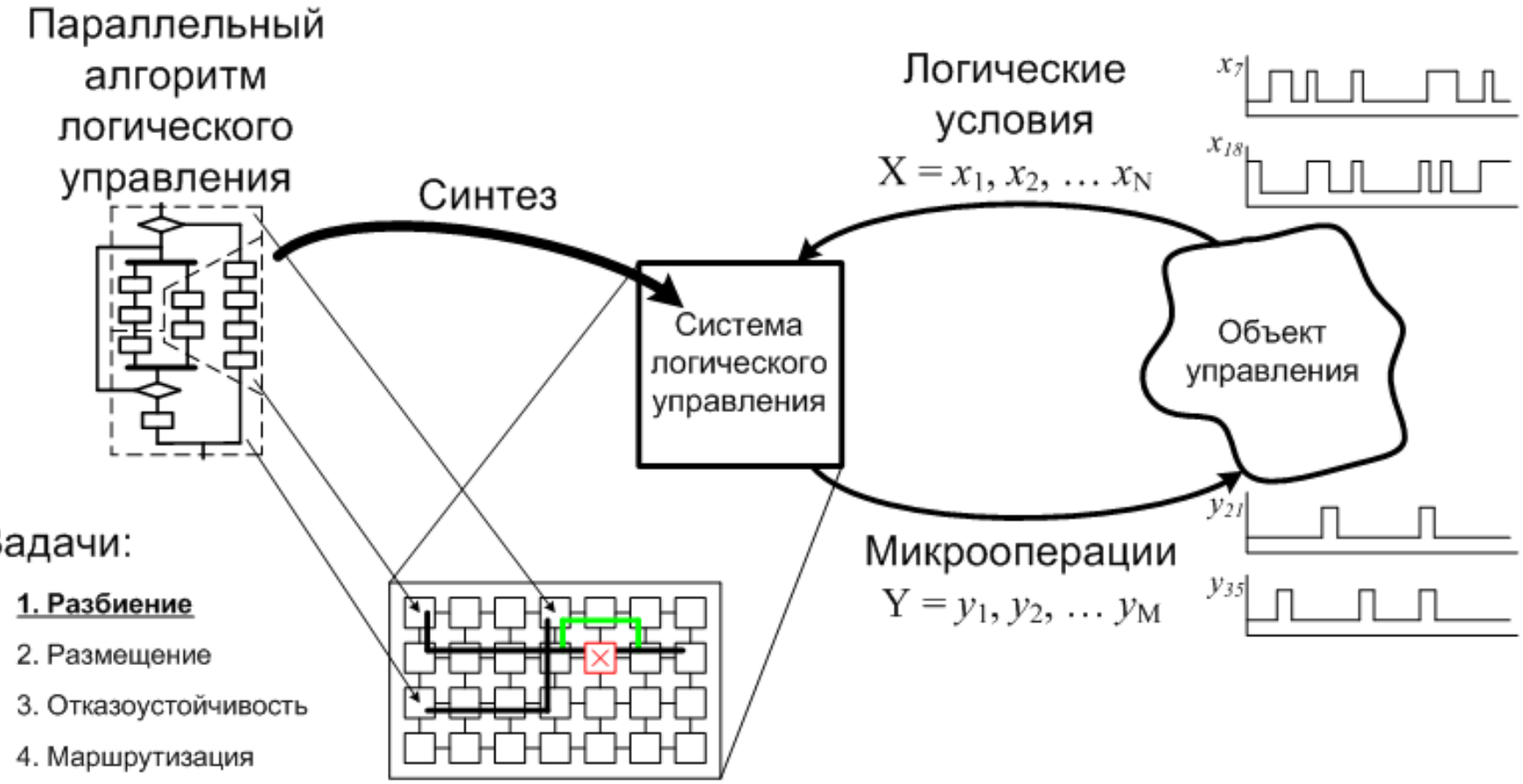
$N = 10, d = 0,2$

Метод	$\bar{L}$	$\Delta\bar{L}$	$\bar{p}$	$\bar{p}_{opt}$	$\bar{C}$
O	1,0412	0	0,8179*	0,8179*	1
G	1,0577	0,2513	0,4052	0,2747	1
RM	0,9535	0,0629	0,4042	0,3291	73
RMR	1,0412	0,0000	0,8179	0,8179	73
WRM	0,8846	0,0422	0,4069	0,3485	8
WRMR	1,0423	0,0011	0,8179	0,8166	5
AC	1,0415	0,0003	0,8179	0,8166	7
ACR	1,0417	0,0004	0,8179	0,8170	3
UVLP	1,0436	0,0027	0,8173	0,8107	7

Лучшие методы: AC (RAW-зависимости по феромону!) и WRMR (проще, слабосвязная задача!)

Как поведут себя методы в различных условиях тестирования (N, d)?

Задача 2 – Синтез разбиений граф схем параллельных алгоритмов при проектировании мультисистем



Задачи:

1. **Разбиение**
2. Размещение
3. Отказоустойчивость
4. Маршрутизация
5. Коллективные взаимодействия

и т.д.

Формализованная постановка задачи

$$\bigcup_{i=1}^{H} A_i = A^0, \quad A_i \neq \varnothing, \quad A_i \bigcap A_j = \varnothing, \quad i, j = \overline{1, H}, \quad i \neq j,$$

$$\neg\left(a_i \omega a_j\right) \quad \forall a_i, a_j \in A_k, \quad i \neq j, \quad k = \overline{1, H},$$

$$W\left(A_i\right) \leq W_{\max}, \quad \left|X\left(A_i\right)\right| \leq n_{\text{ЛУ}}, \quad \left|Y\left(A_i\right)\right| \leq n_{\text{МО}}, \quad i = \overline{1, H}.$$

Задача многокритериальной оптимизации на дискретной структуре (графе), NP-трудная задача

Показатели качества разбиения

$$H \to \min$$

$$Z_1 = \sum_{i=1}^{H} \sum_{j=1, j \neq i}^{H} \alpha\left(A_i, A_j\right) \to \min$$

$$Z_2 = \sum_{i=1}^{H} \sum_{j=1, j \neq i}^{H} \delta\left(A_i, A_j\right) \to \min$$

$$Z_3 = \sum_{i=1}^{H} \left|X\left(A_i\right)\right| - \left|X\left(A^0\right)\right| \to \min$$

$$Z_4 = \sum_{i=1}^{H} \left|Y\left(A_i\right)\right| - \left|Y\left(A^0\right)\right| \to \min$$

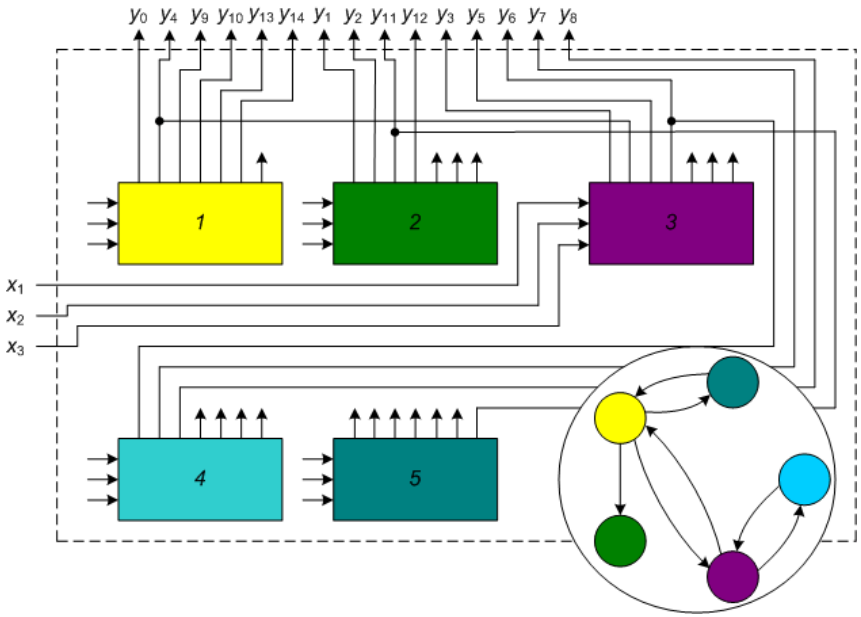
Схожие задачи решались школой В.М. Курейчика при трассировке печатных плат (аналогия: H – число слоев, Z_1 – число связей между слоями)

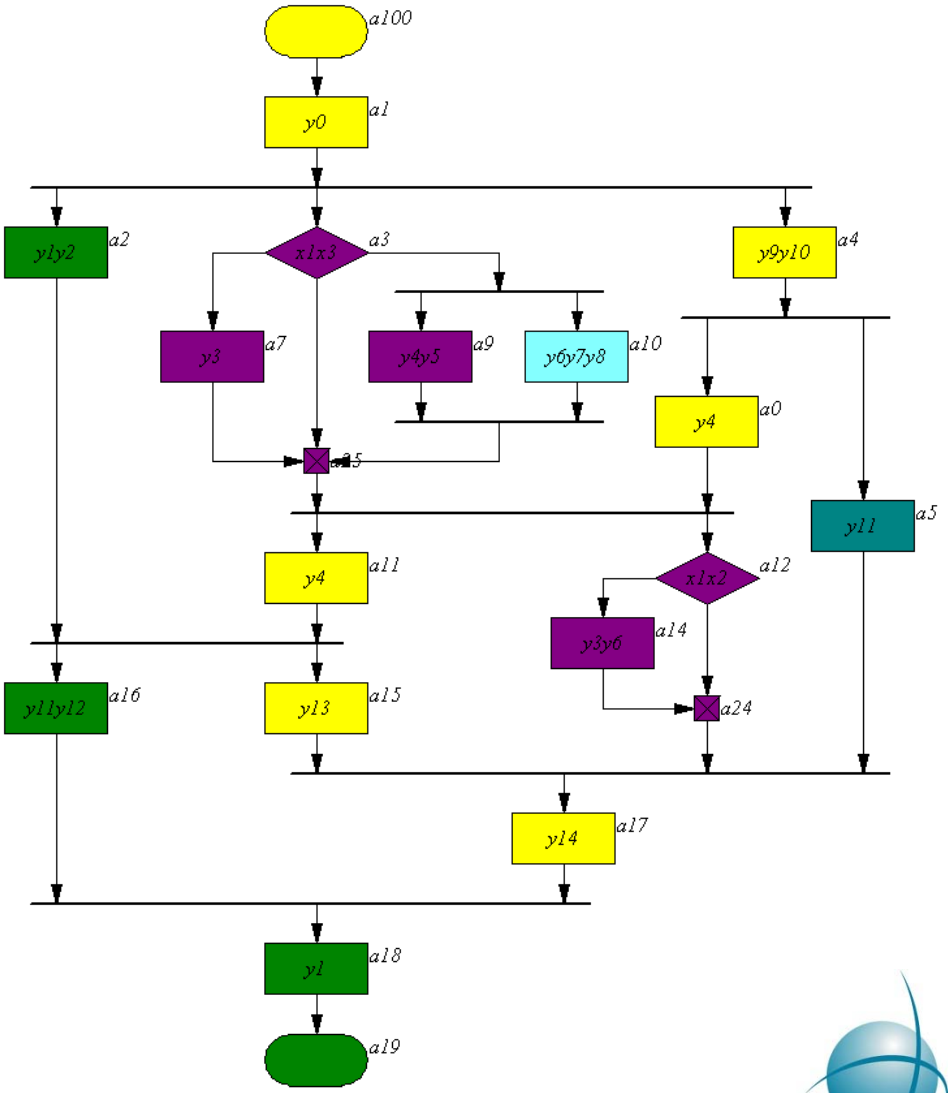
Пример разбиения: одно из возможных разбиений (получено с использованием программной системы PAE)

Просмотр разбиения - Параллельно-последовательный метод (P5M.dll)

№	Состав	Микрооперации	Логические условия	Вес
1	{a0,a4,a11,a15}	{y4,y9,y10,y13}	{}	4
2	{a1,a2,a16,a18,a19,a100}	{y0,y1,y2,y11,y12}	{}	4
3	{a5}	{y11}	{}	1
4	{a3,a7,a9,a12,a14,a17,a24,a25}	{y3,y4,y5,y6,y14}	{x1,x2,x3}	6
5	{a10}	{y6,y7,y8}	{}	1

Корректность разбиения:	Корректно	
Число блоков (подалгоритмов):	5 / 5	1.000
Повторяющихся логических сигналов:	0 / 3	0.000
Повторяющихся микроопераций:	3 / 15	0.060
Разность алгоритмов по сложности:	5	0.025
Сложность сети межблочных связей:	11 / 20	0.330
Интенсивность межблочного взаимодействия:	16.800 / 31.900	0.316
Время построения разбиения:	111056707 тактов, 130.976 мс	
Значение оценочной функции:		**1.731**





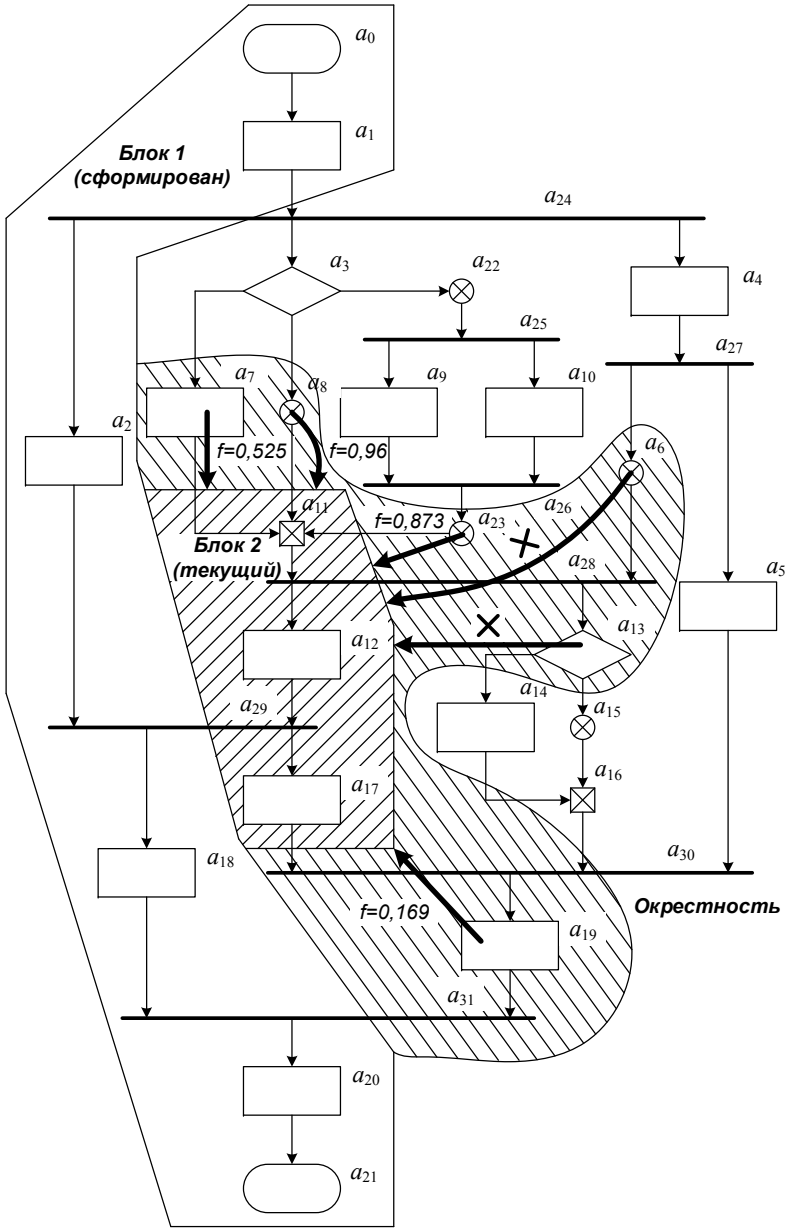
Обзор методов синтеза разбиений

Методы синтеза разбиений:

- **полного перебора** (NP-трудная задача);
- (взвешенного) **случайного перебора**;
- **метод С.И. Баранова** (жадный алгоритм);
- **жадный с последовательным формированием блоков и ограничением на использование смежной окрестности** (жадный алгоритм с ограничениями);
- метод А.Д. Закревского (задача раскраски графа);
- **параллельно-последовательный метод** (специализированный метод);
- ...

Качество синтезируемых разбиений, временные и емкостные сложности методов существенно различны.

Краткая характеристика методов: жадные подходы

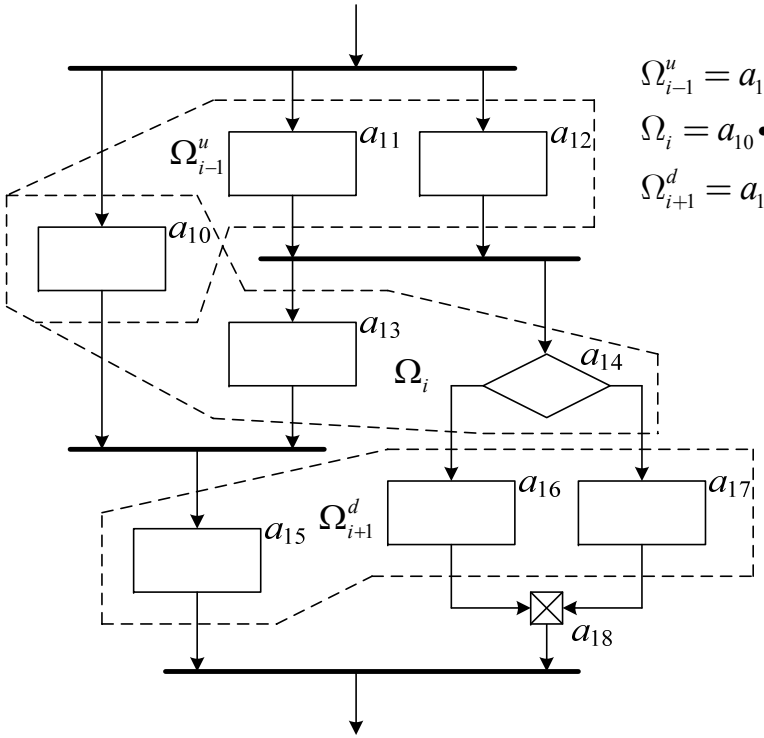


$$f\left(a_i, A^{(j)}\right) = k_1 \frac{\Delta X\left(A^{(j)}, A^{(j+1)}\right)}{X_{\max} - \left|X\left(A^{(j+1)}\right)\right| + 1} + k_2 \frac{\Delta Y\left(A^{(j)}, A^{(j+1)}\right)}{Y_{\max} - \left|Y\left(A^{(j+1)}\right)\right| + 1} + k_3 \frac{\Delta W\left(A^{(j)}, A^{(j+1)}\right)}{W_{\max} - W\left(A^{(j+1)}\right) + 1},$$

$$M_R = \begin{pmatrix} - & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \boxed{\varphi} & \varphi & \varphi & \varphi \\ \nu,\varphi & - & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi & \varphi \\ \nu,\varphi & \nu,\varphi & - & \psi & \psi & \psi & \psi & \psi & \psi & \varphi \\ \nu,\varphi & \nu,\varphi & \psi & - & \boxed{\psi} & \psi & \psi & \psi & \psi & \varphi \\ \nu,\varphi & \nu,\varphi & \psi & \psi & - & \varphi & \varphi & \boxed{\omega} & \varphi & \varphi \\ \nu,\varphi & \nu,\varphi & \psi & \psi & \nu,\varphi & - & \psi & \omega & \varphi & \varphi \\ \nu,\varphi & \boxed{\nu,\varphi} & \psi & \psi & \nu,\varphi & \psi & - & \omega & \varphi & \varphi \\ \nu,\varphi & \nu,\varphi & \psi & \psi & \omega & \omega & \omega & - & \varphi & \varphi \\ \nu,\varphi & \nu,\varphi & \psi & \psi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & - & \varphi \\ \nu,\varphi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & \nu,\varphi & - \end{pmatrix}$$

$$O(N) \text{ или } O\left(N^3\right)?$$

Краткая характеристика методов: параллельно-последовательный метод



$$\Omega^u_{i-1} = a_{10} \bullet a_{11} \bullet a_{12}$$

$$\Omega_i = a_{10} \bullet a_{13} \bullet a_{14}$$

$$\Omega^d_{i+1} = a_{15} \bullet (a_{16} \mid a_{17})$$

а)

	$\tilde{\Omega}_1$	$\tilde{\Omega}_2$	$\tilde{\Omega}_3$	$q(A_i)$
A_1	0,1$^+$	–	–	1
A_2	–	–	–	0
A_3	–	0,2$^+$	–	1
A_4	–	–	0,3$^+$	1

б)

	$\tilde{\Omega}_1$	$\tilde{\Omega}_2$	$\tilde{\Omega}_3$	$q(A_i)$
A_1	0,1	–	–	1
A_2	0,2$^+$	–	–	1
A_3	–	0,3$^+$	–	1
A_4	–	–	0,4$^+$	1

в)

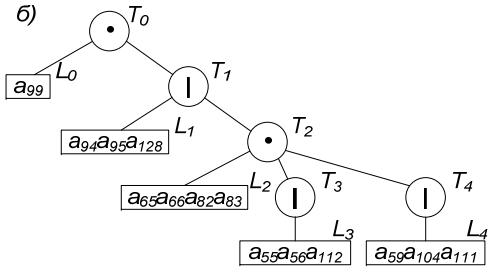
	$\tilde{\Omega}_1$	$\tilde{\Omega}_2$	$\tilde{\Omega}_3$	$q(A_i)$
A_1	0,1$^+$	0,4	–	2
A_2	–	–	–	0
A_3	–	–	0,3$^+$	1
A_4	–	0,2$^+$	–	1

г)

	$\tilde{\Omega}_1$	$\tilde{\Omega}_2$	$\tilde{\Omega}_3$	$q(A_i)$
A_1	0,1	0,2$^+$	–	2
A_2	–	–	–	0
A_3	–	–	–	0
A_4	–	–	0,3$^+$	1

а) $a_{99} \bullet (a_{94} | a_{95} | a_{128} | (a_{65} \bullet a_{66} \bullet a_{82} \bullet a_{83} \bullet (a_{55} | a_{56} | a_{112}) \bullet (a_{59} | a_{104} | a_{111})))$

б)



в)

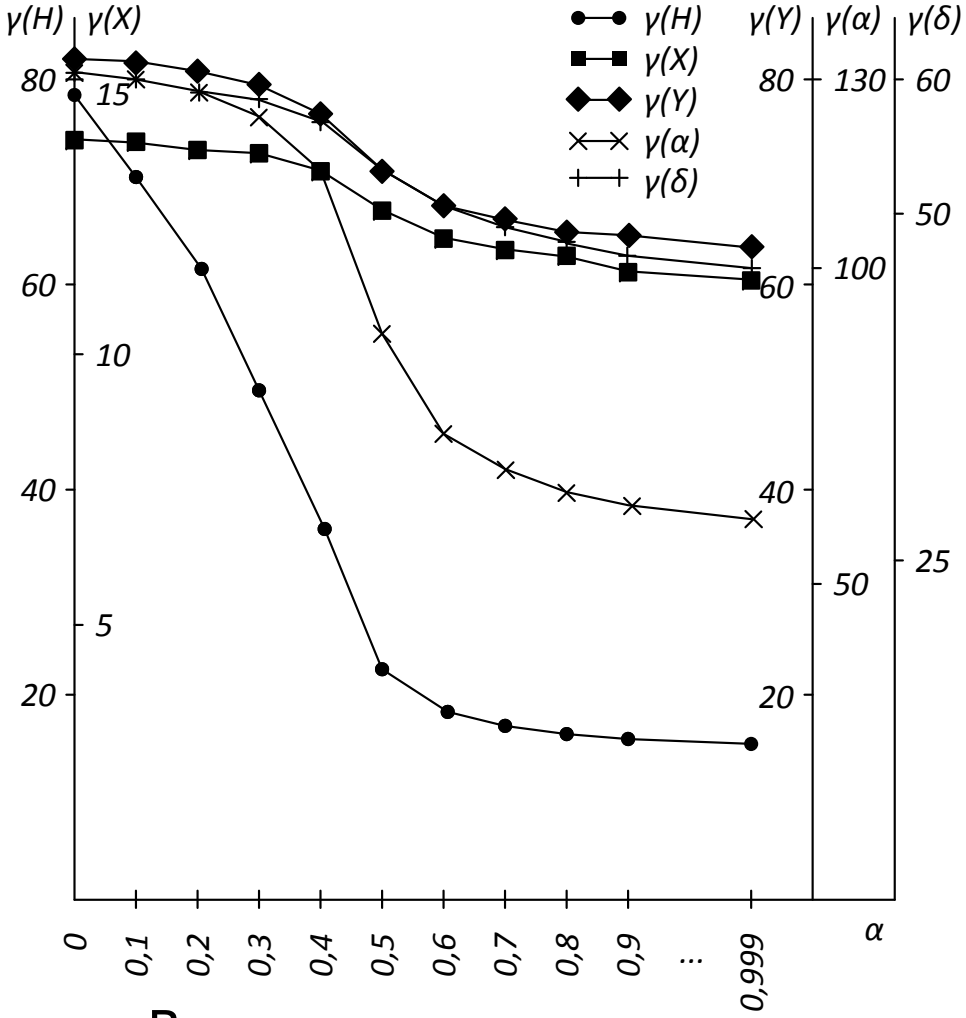
№	Тип узла	Ссылка на предка	Множество вершин/ ссылок
0 (T_0)	•	–	1, 2
1 (L_0)	L	0	99
2 (T_1)	|	0	3, 4
3 (L_1)	L	2	94, 95, 128
4 (T_2)	•	2	5, 6, 7
5 (L_2)	L	4	65, 66, 82, 83
6 (T_3)	|	4	8
7 (T_4)	|	4	9
8 (L_3)	L	6	55, 56, 112
9 (L_4)	L	7	59, 104, 111

г)

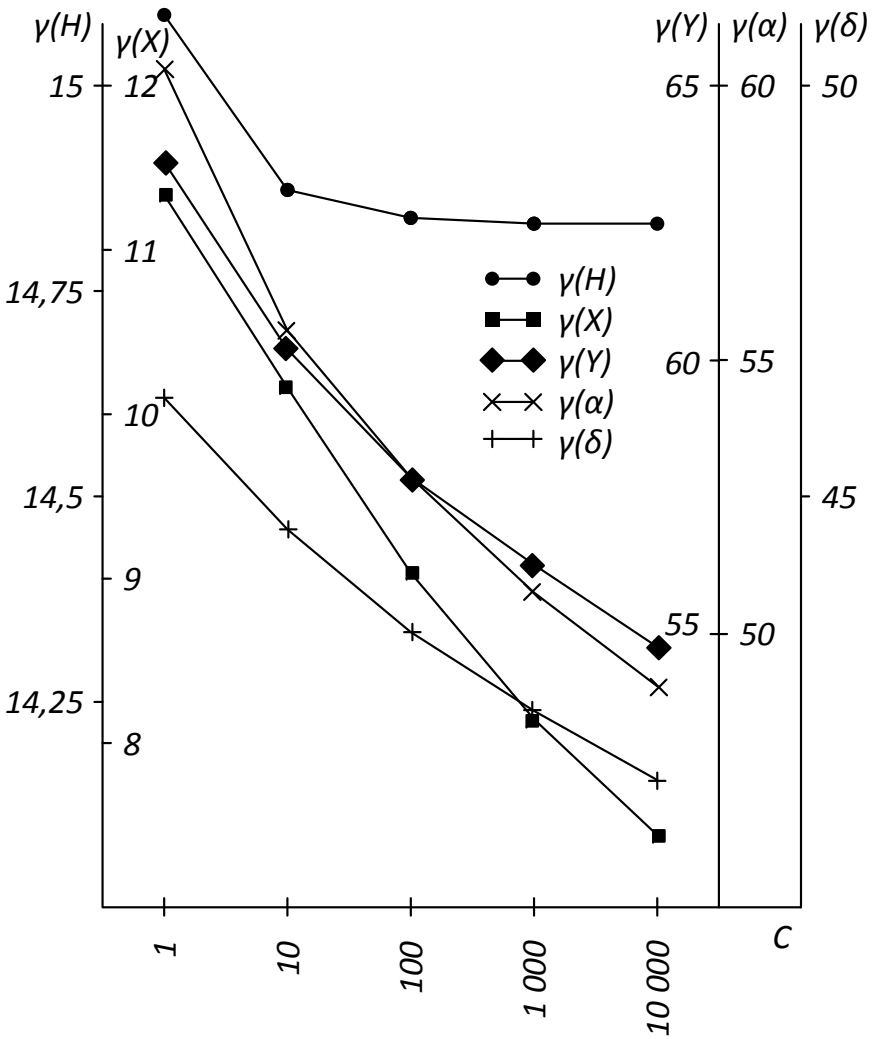
	№	Тип узла	Ссылка на предка
Узлы	0 (T_0)	•	–
	1 (T_1)	|	0
	2 (T_2)	•	1
	3 (T_3)	|	2
	4 (T_4)	|	3

	№	Множество вершин	Ссылка на предка
Наборы листьев	0 (T_0)	99	0
	1 (T_1)	94, 95, 128	1
	2 (T_2)	65, 66, 82, 83	2
	3 (T_3)	55, 56, 112	3
	4 (T_4)	59, 104, 111	4

Краткая характеристика методов: случайный перебор



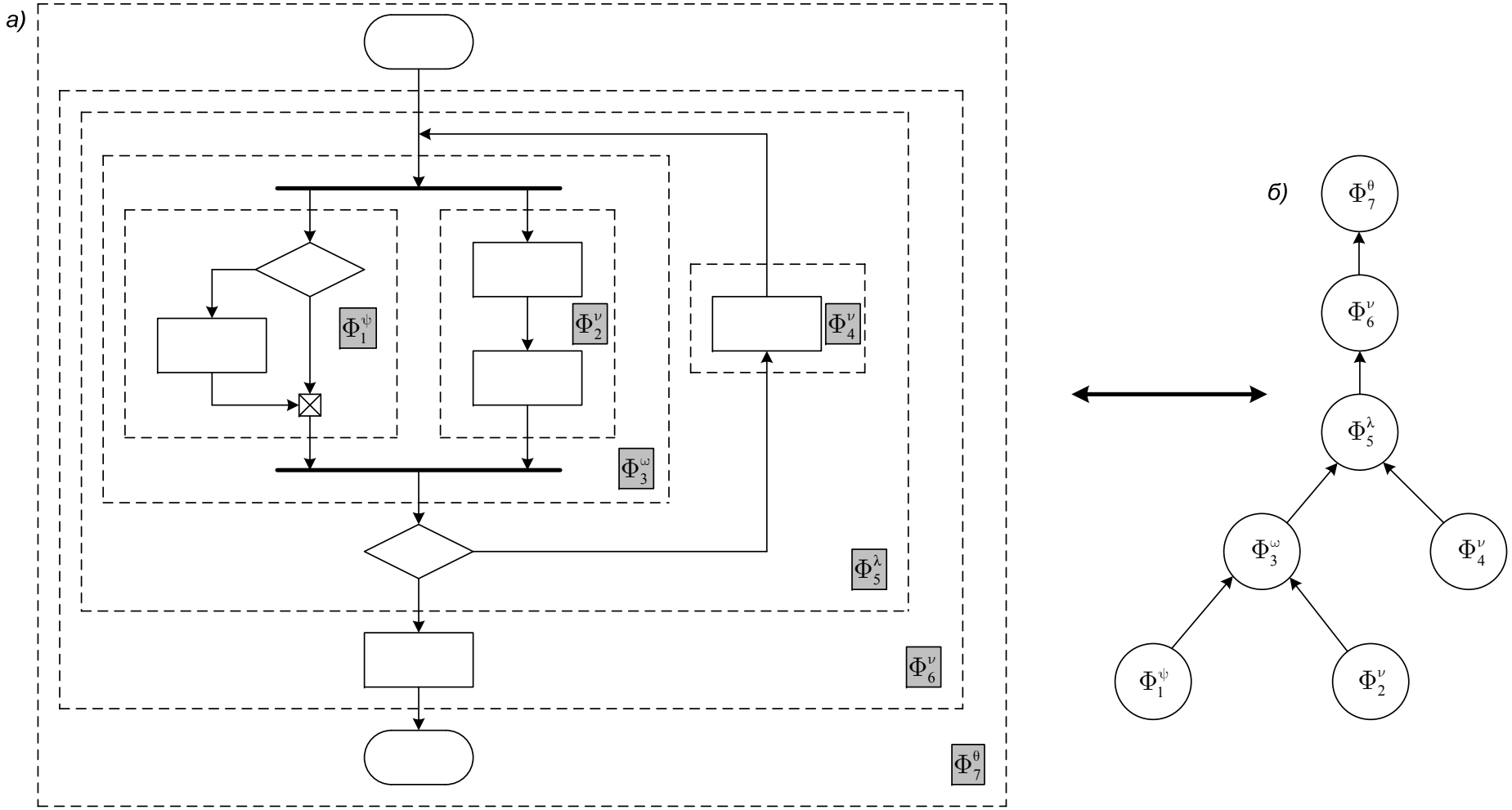
Вероятность попадания в существующий блок



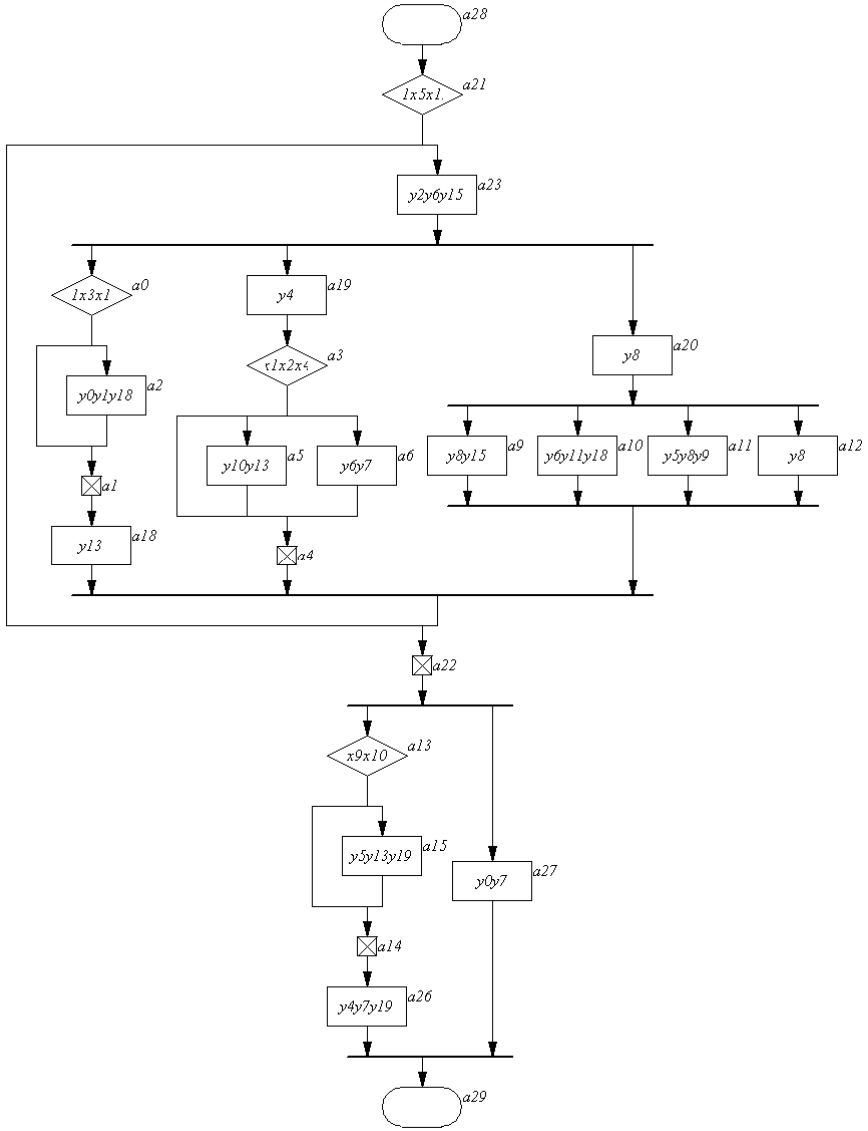
Анализ скорости сходимости

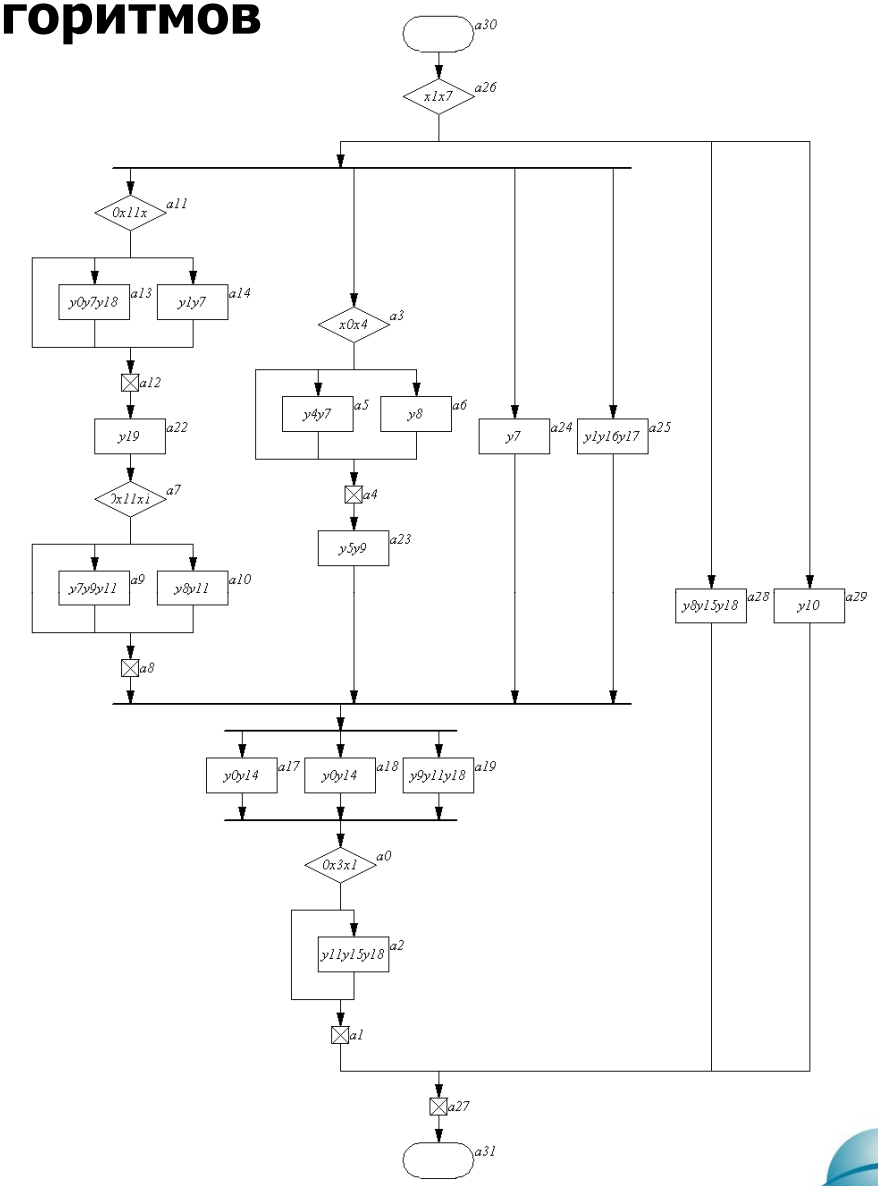
При N=100 и C=10000 время эксперимента до 80 часов (Core i7 920)!

Представление алгоритма в виде дерева фрагментов

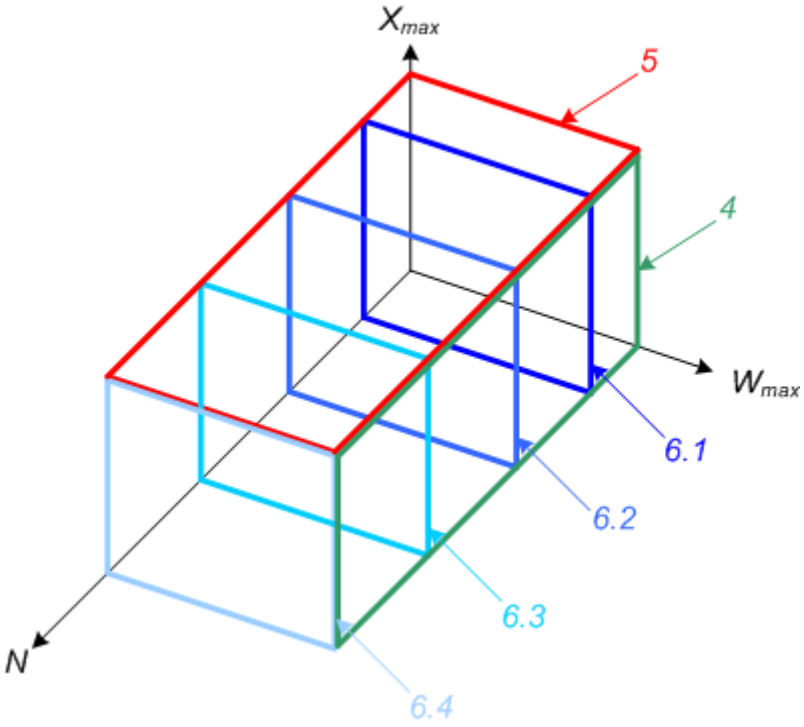


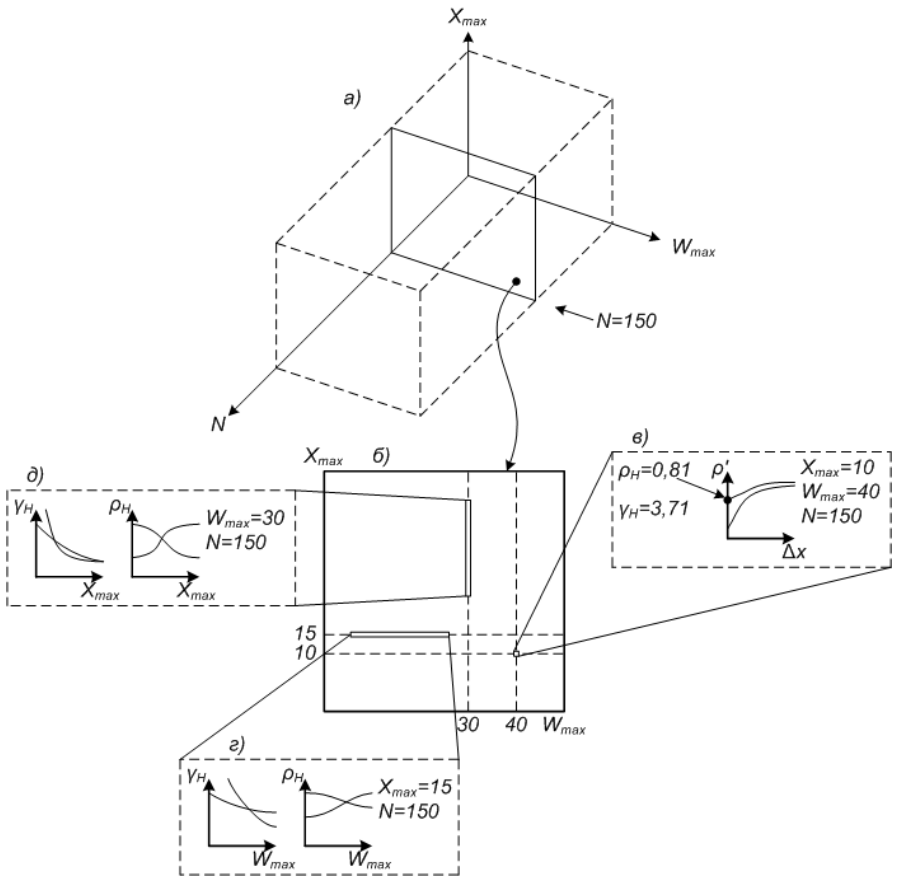
Генерация выборки алгоритмов со случайной структурой – примеры сгенерированных алгоритмов





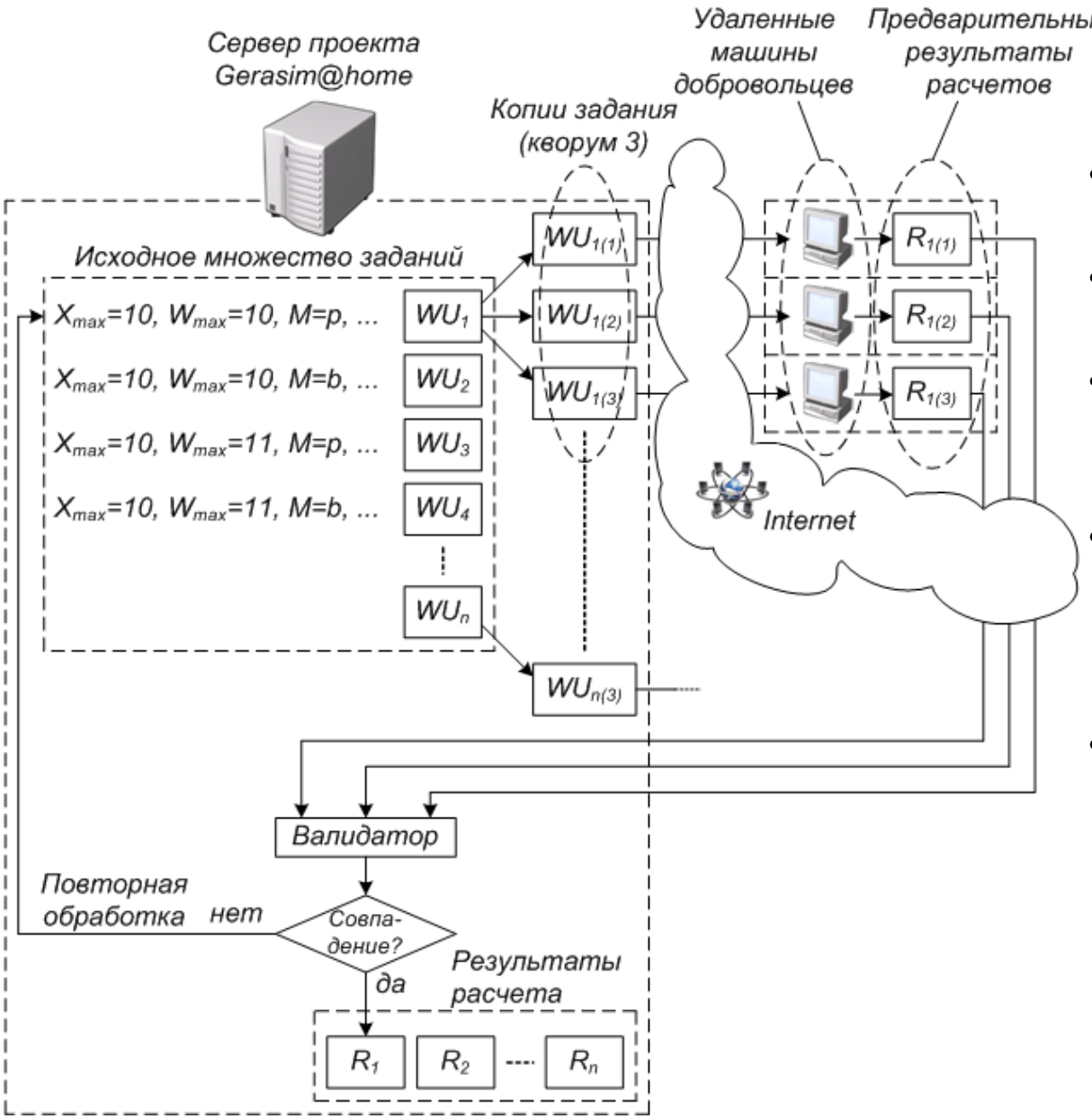
Пространство параметров и различные эксперименты





- эксперименты с постоянными значениями параметров (2007), до 10 мин. вычислительного времени;
- эксперименты с изменением одного параметра (2008), до 5 часов вычислительного времени;
- эксперименты с изменением двух параметров (2010–2013), ~170 лет вычислительного времени с использованием грид.

Параллельные вычисления с использованием грид



http://gerasim.boinc.ru

- более 1300 участников из 69 стран;
- объем вычислений – 818+469 ГГц-лет;
- производительность проекта – 2,0 – 2,5 TFLOP/s;
- выигрыш от распараллеливания – 558 раз (vs Core 2 Duo @ 1,86 ГГц в режиме 24/7);
- объем полученных данных – 235+174 ГБ.

Обработка «сырых» результатов

1. Построение минимальной карты, расчет карт средних значений (для каждого эксперимента)

$$M_{\min} = \min_{i=\overline{1,n}} M_{F_i}$$

– (n-1) сравнение, для каждого необходимо чтение **105 ГБ** с HDD, запись **26 ГБ** на HDD, на что уходит 26 часов

2. Построение карт вероятностей (для каждого эксперимента)

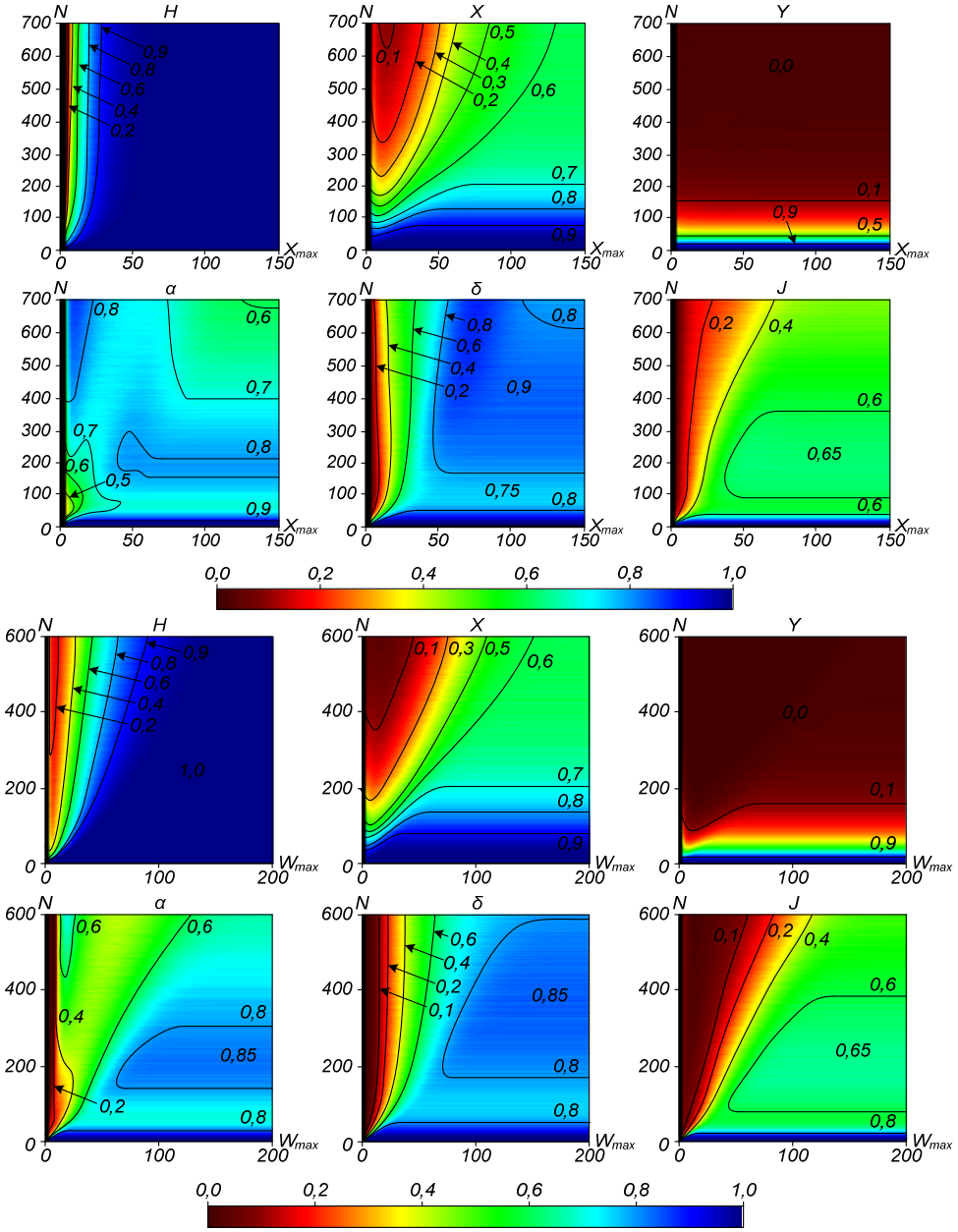
$$M_{\rho}\left(F_i\right) = \mu\left(M_{F_i}, M_{\min}\right)$$

– n сравнений, для каждого необходимо чтение **105 ГБ** с HDD, запись **10 МБ** на HDD, на что уходит 20 часов

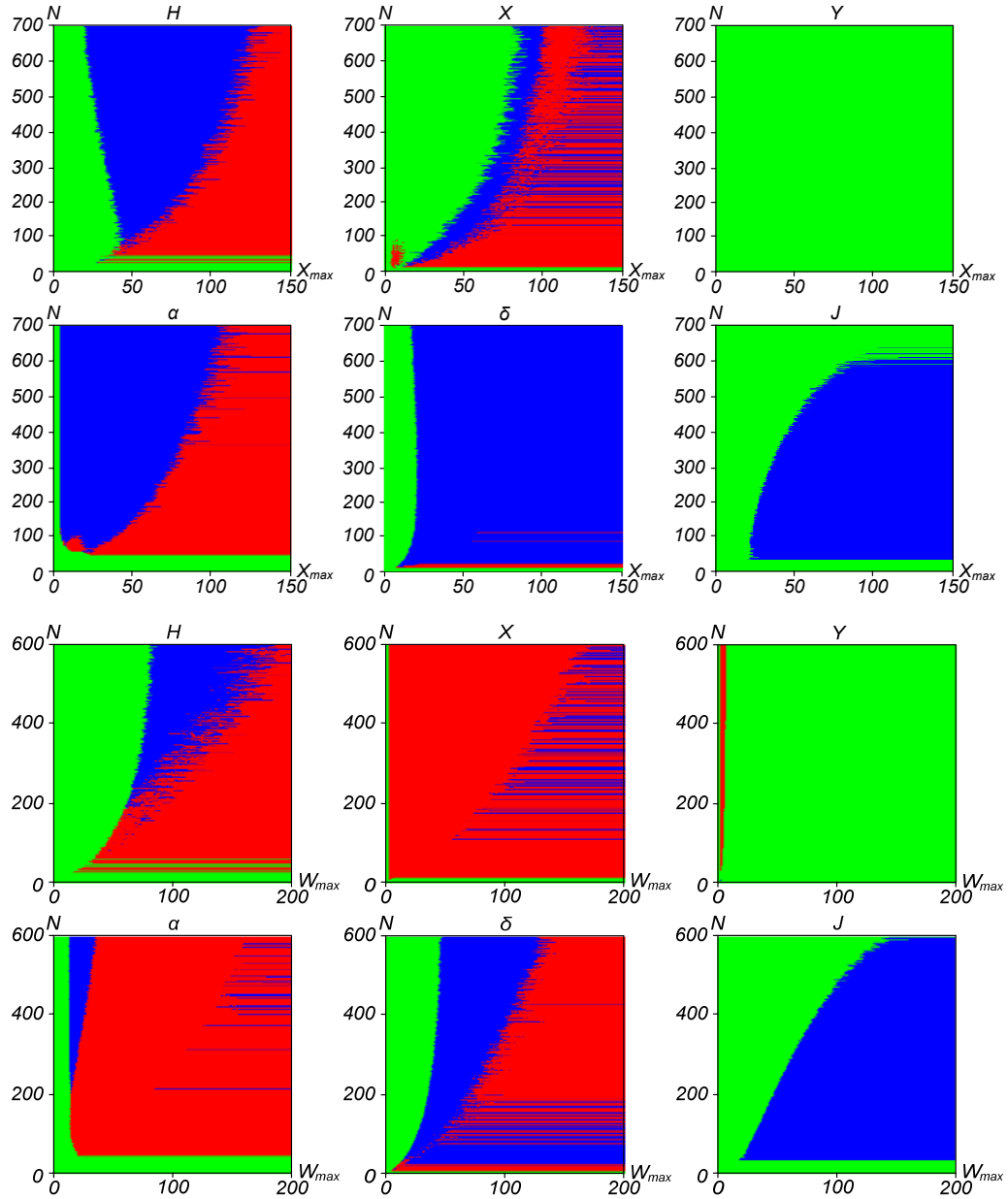
А также:

- подготовка исходных данных;
- анализ полученных карт.

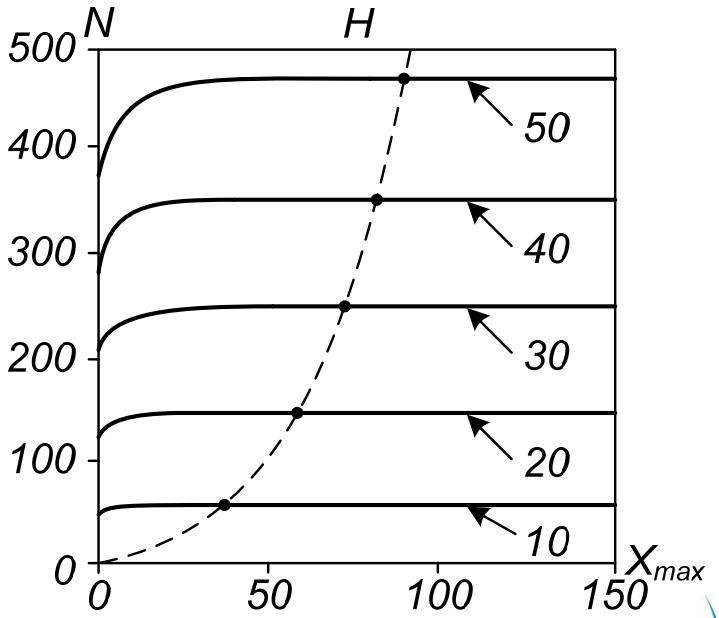
Эксперименты для смежной жадной стратегии (вероятности)



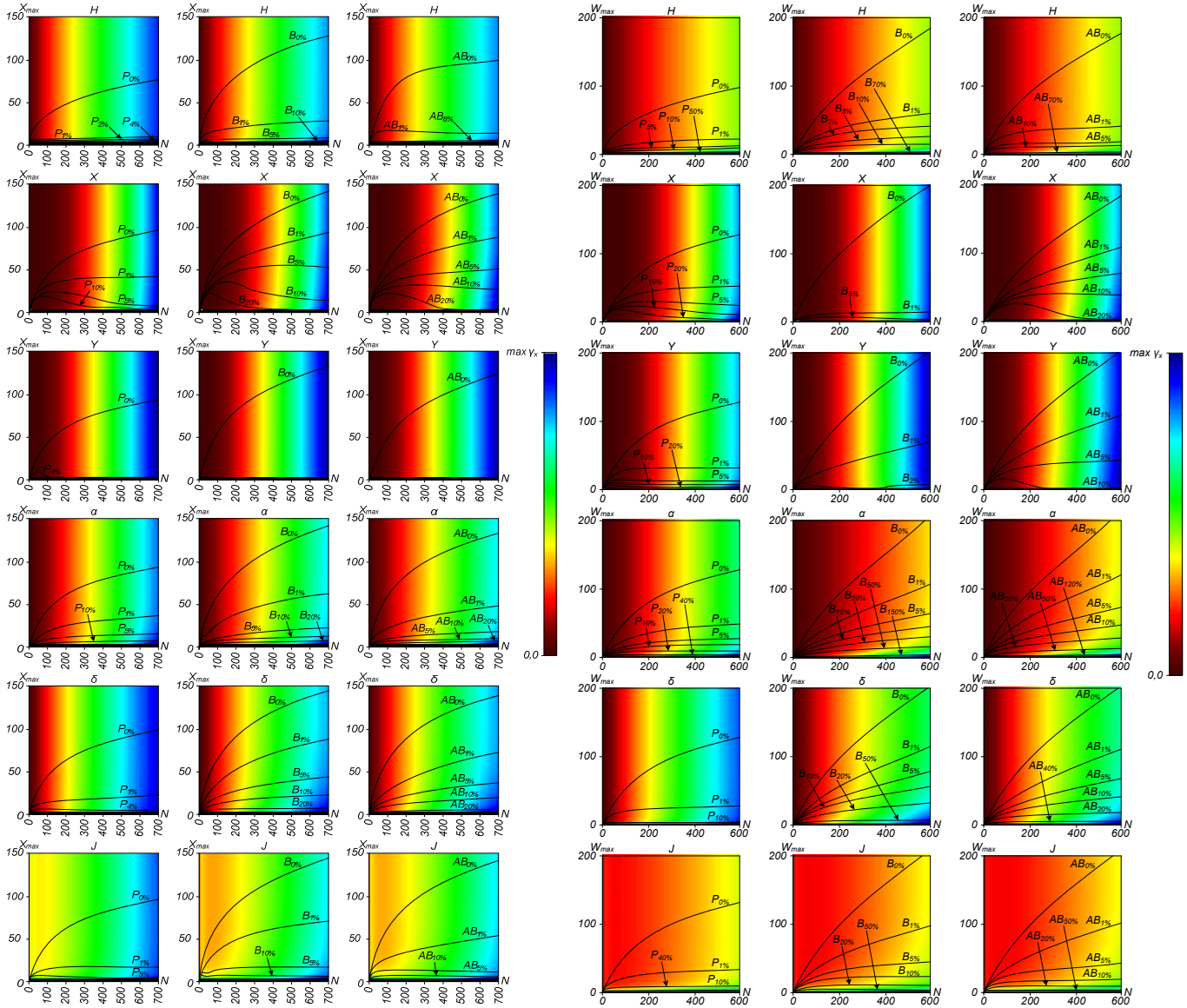
Области качественного превосходства

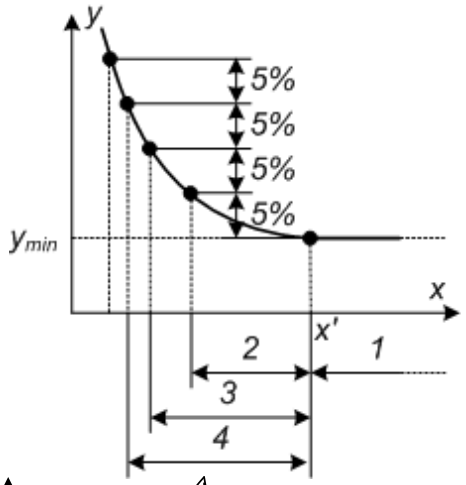


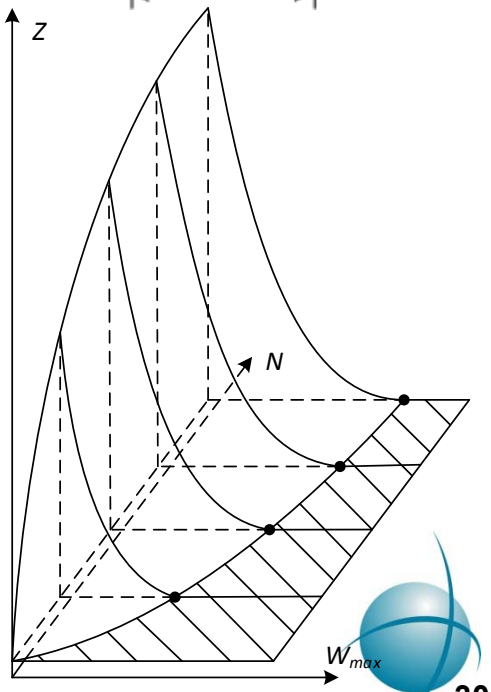
красный – преимущество метода С.И. Баранова,
зеленый – метода параллельно-последовательной декомпозиции,
синий – смежной жадной стратегии с ограничением на смежность.



Анализ ухудшения качества с ростом силы ограничений





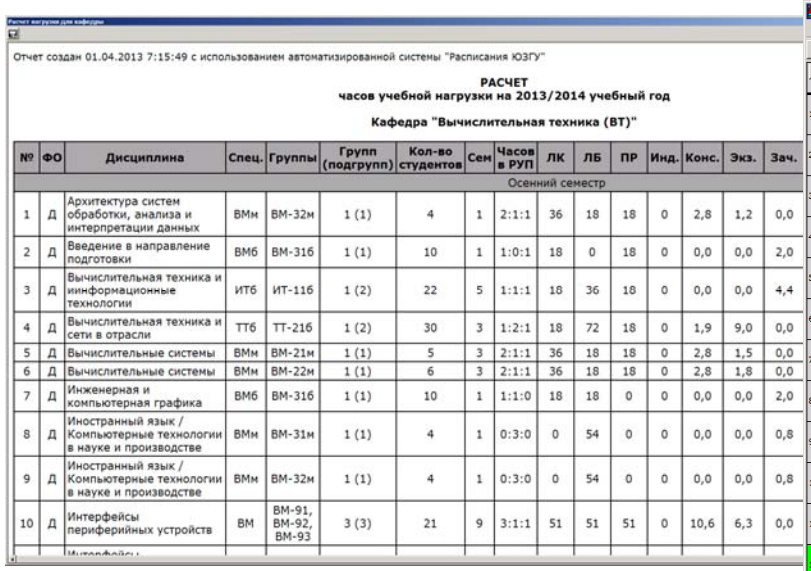


Рекомендации по структурно-параметрической оптимизации ЛМК

Число контроллеров (H) в составе мультиконтроллера без учета избыточности	Среднее число вершин (N) реализуемой граф-схемы алгоритма, не более	Предельные ограничения (без ухудшения интегрального показателя J)		Предельные ограничения (5%-е ухудшение интегрального показателя J)	
		$X'_{\max}$	$W'_{\max}$	$X'_{\max}$	$W'_{\max}$
$3\times3=9$	50	30	34	7	13
$4\times4=16$	110	49	61	7	16
$5\times5=25$	200	64	84	6	18
$6\times6=36$	312	76	105	5	20
$7\times7=49$	450	86	120	5	21
$7\times8=56$	535	89	126	5	21

- существенное снижение требований к аппаратной части при допущении 5%-го ухудшения качества;
- в составе ЛМК предпочтительно иметь много простых контроллеров.

Задача 3. Составление расписаний вуза

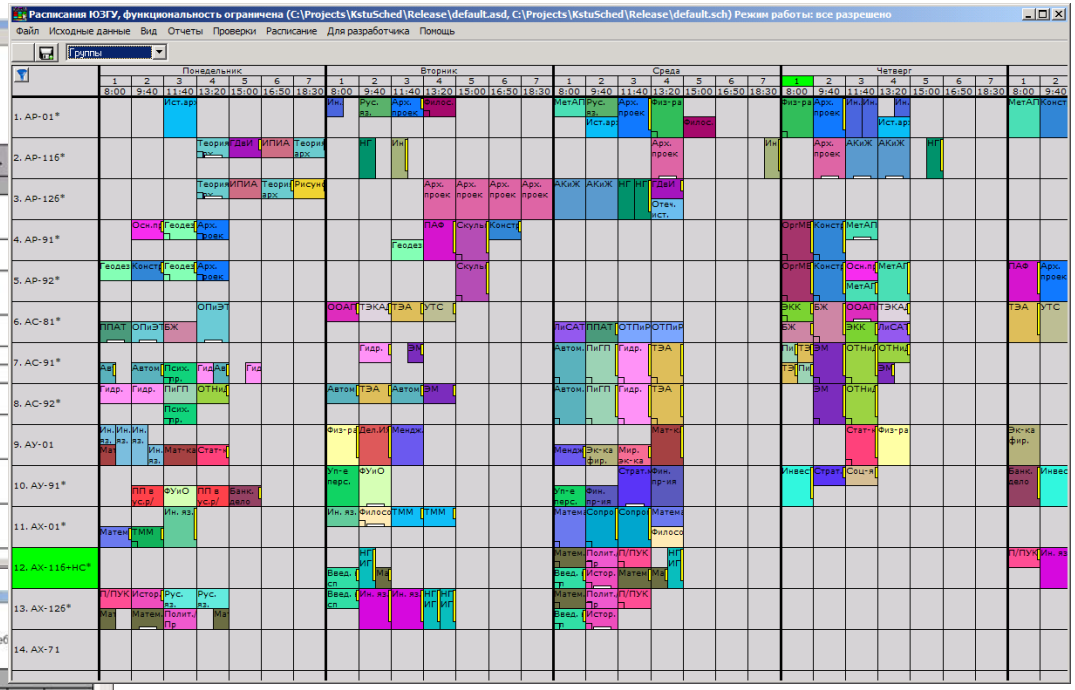


Отчет создан 01.04.2013 7:15:49 с использованием автоматизированной системы "Расписания ЮЗГУ"

РАСЧЕТ
часов учебной нагрузки на 2013/2014 учебный год

Кафедра "Вычислительная техника (ВТ)"

№	ФО	Дисциплина	Спец.	Группы	Групп (подгрупп)	Кол-во студентов	Сем	Часов в РУП	ЛК	ЛБ	ПР	Инд.	Конс.	Экз.	Зач.
Осенний семестр															
1	Д	Архитектура систем обработки, анализа и интерпретации данных	ВМм	ВМ-32м	1 (1)	4	1	2:1:1	36	18	18	0	2,8	1,2	0,0
2	Д	Введение в направление подготовки	ВМб	ВМ-31б	1 (1)	10	1	1:0:1	18	0	18	0	0,0	0,0	2,0
3	Д	Вычислительная техника и информационные технологии	ИТб	ИТ-11б	1 (2)	22	5	1:1:1	18	36	18	0	0,0	0,0	4,4
4	Д	Вычислительная техника и сети в отрасли	ТТб	ТТ-21б	1 (2)	30	3	1:2:1	18	72	18	0	1,9	9,0	0,0
5	Д	Вычислительные системы	ВМм	ВМ-21м	1 (1)	5	3	2:1:1	36	18	18	0	2,8	1,5	0,0
6	Д	Вычислительные системы	ВМм	ВМ-22м	1 (1)	6	3	2:1:1	36	18	18	0	2,8	1,8	0,0
7	Д	Инженерная и компьютерная графика	ВМб	ВМ-31б	1 (1)	10	1	1:1:0	18	18	0	0	0,0	0,0	2,0
8	Д	Иностранный язык / Компьютерные технологии в науке и производстве	ВМм	ВМ-31м	1 (1)	4	1	0:3:0	0	54	0	0	0,0	0,0	0,8
9	Д	Иностранный язык / Компьютерные технологии в науке и производстве	ВМм	ВМ-32м	1 (1)	4	1	0:3:0	0	54	0	0	0,0	0,0	0,8
10	Д	Интерфейсы периферийных устройств	ВМ	ВМ-91, ВМ-92, ВМ-93	3 (3)	21	9	3:1:1	51	51	51	0	10,6	6,3	0,0



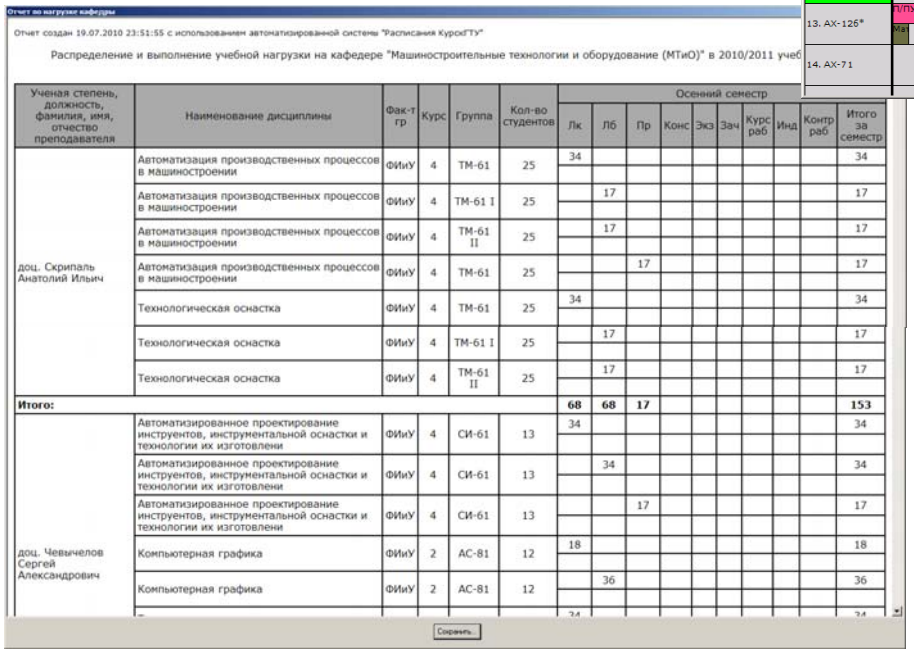
Расписания ЮЗГУ, функциональность ограничена (C:\Projects\KstuSched\Release\default.asd, C:\Projects\KstuSched\Release\default.sch) Режим работы: все разрешено

Файл Исходные данные Вид Отчеты Проверки Расписание Для разработчика Помощь

Группы

Понедельник | Вторник | Среда | Четверг

1. АР-01*
2. АР-11б*
3. АР-12б*
4. АР-91*
5. АР-92*
6. АС-81*
7. АС-91*
8. АС-92*
9. АУ-01
10. АУ-91*
11. АХ-01*
12. АХ-11б+НС*
13. АХ-12б*
14. АХ-71



Отчет создан 19.07.2010 23:51:55 с использованием автоматизированной системы "Расписания КурскГТУ"

Распределение и выполнение учебной нагрузки на кафедере "Машиностроительные технологии и оборудование (МТиО)" в 2010/2011 учеб

Ученая степень, должность, фамилия, имя, отчество преподавателя	Наименование дисциплины	Фак-т гр	Курс	Группа	Кол-во студентов	Осенний семестр: Лк	Лб	Пр	Конс	Экз	Зач	Курс раб	Инд	Контр раб	Итого за семестр
доц. Скрипаль Анатолий Ильич	Автоматизация производственных процессов в машиностроении	ФИиУ	4	ТМ-61	25	34									34
	Автоматизация производственных процессов в машиностроении	ФИиУ	4	ТМ-61 I	25		17								17
	Автоматизация производственных процессов в машиностроении	ФИиУ	4	ТМ-61 II	25		17								17
	Автоматизация производственных процессов в машиностроении	ФИиУ	4	ТМ-61	25			17							17
	Технологическая оснастка	ФИиУ	4	ТМ-61	25	34									34
	Технологическая оснастка	ФИиУ	4	ТМ-61 I	25		17								17
	Технологическая оснастка	ФИиУ	4	ТМ-61 II	25		17								17
Итого:						**68**	**68**	**17**							**153**
доц. Чевычелов Сергей Александрович	Автоматизированное проектирование инструментов, инструментальной оснастки и технологии их изготовлени	ФИиУ	4	СИ-61	13	34									34
	Автоматизированное проектирование инструментов, инструментальной оснастки и технологии их изготовлени	ФИиУ	4	СИ-61	13		34								34
	Автоматизированное проектирование инструментов, инструментальной оснастки и технологии их изготовлени	ФИиУ	4	СИ-61	13			17							17
	Компьютерная графика	ФИиУ	2	АС-81	12	18									18
	Компьютерная графика	ФИиУ	2	АС-81	12		36								36

Сохранить...

$$f(\Theta)=\frac{K_w^{(t)}t_w(\Theta)}{2Dw_{\max}^{(t)}T}+\frac{K_w^{(s)}s_w(\Theta)}{2Dw_{\max}^{(s)}S}+\frac{K_{wt}^{(t)}t_{wt}(\Theta)}{2Dp_{\max}^{(t)}T}+\frac{K_{wt}^{(s)}s_{wt}(\Theta)}{2Dp_{\max}^{(s)}S}+$$

$$+\frac{K_{wt}^{(a)}a_{wt}(\Theta)}{2DPA}+\frac{K_a^{(w)}w_a(\Theta)}{|\Theta|}+\frac{K_g^{(t)}t_g(\Theta)}{2DT}+$$

$$+\frac{K_{p_{\min}}^{(t)}t_{p_{\min}}(\Theta)}{2DT}+\frac{K_{p_{\max}}^{(t)}t_{p_{\max}}(\Theta)}{2DT}+\frac{K_{l_{\max}}^{(t)}t_{l_{\max}}(\Theta)}{2DT}+$$

$$+\frac{K_{p_{\min}}^{(s)}s_{p_{\min}}(\Theta)}{2DS}+\frac{K_{p_{\max}}^{(s)}s_{p_{\max}}(\Theta)}{2DS}+\frac{K_{l_{\max}}^{(s)}s_{l_{\max}}(\Theta)}{2DS}+$$

$$+\frac{K_{ed}^{(s)}s_{ed}}{2DS}+\frac{K_m^{(t)}t_m}{2DT\left(\max m_{ij}+1\right)}+\frac{K_m^{(s)}s_m}{2DS\left(\max m_{ij}+1\right)}$$

Вариация порядка рассмотрения пар при жадном подходе

$$r_0 = 0: [2, 3, 5, 1, 4],$$
$$r_0 = 1: [1, 4, 5, 2, 3],$$
$$r_0 = 2: [5, 2, 3, 4, 1],$$
$$r_0 = 3: [1, 3, 2, 5, 4],$$
$$r_0 = 4: [1, 3, 4, 2, 5].$$

№	1	2*	3	4	5	6	7	8**	9	10	11	f
5 лучших решений из 30												
1	646	16	7765	4600	1499	101	473	0	729	0	234	1,023
2	579	15	9345	4940	1503	106	427	6	725	3	265	1,071
3	653	30	8635	4880	1466	123	527	0	742	0	249	1,111
4	577	23	9105	5185	1542	90	557	8	707	1	234	1,150
5	625	25	8695	5600	1560	97	488	8	739	0	262	1,156
5 худших решений из 30												
6	620	57	8860	4535	1470	114	471	44	739	2	272	1,658
7	614	92	8735	4025	1468	100	468	34	720	0	233	1,716
8	372	76	6415	2950	1040	95	521	51	736	0	234	1,793
9	405	126	5790	3010	1046	112	552	61	726	0	213	2,137
10	407	150	5515	2890	1012	116	573	61	706	0	282	2,267

* число «окон» в частных расписаниях групп

** число превышений максимально допустимого числа пар в день

- Имеет место сильная зависимость качества от порядка рассмотрения пар
- Скорость сходимости? Качество решений?

Улучшение смежной окрестности при жадном подходе

$$\Theta^{(\gamma)}(p_i)=\left(\bigcup_{\forall g_j\in G(p_i)}\Theta^{(\gamma)}(g_j)\right)\setminus\{p_i\},\qquad \Theta^{(\gamma)}(g_i)=\bigcup_{\forall p_j:\,g_i\in G(p_j)}\{p_j\}=\bigcup_{\forall p_j:\,g_i\in G(p_j)}\Theta^{(\gamma)}(p_j),$$

$$\Theta^{(\tau)}(p_i)=\left(\bigcup_{\forall t_j\in T(p_i)}\Theta^{(\tau)}(t_j)\right)\setminus\{p_i\}\qquad \Theta^{(\tau)}(t_i)=\bigcup_{\forall p_j:\,t_i\in T(p_j)}\{p_j\}=\bigcup_{\forall p_j:\,t_i\in T(p_j)}\Theta^{(\tau)}(p_j).$$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	f
Случайный порядок, 5 лучших решений из 30												
1	646	16	7765	4600	1499	101	473	0	729	0	234	1,023
2	579	15	9345	4940	1503	106	427	6	725	3	265	1,071
3	653	30	8635	4880	1466	123	527	0	742	0	249	1,111
4	577	23	9105	5185	1542	90	557	8	707	1	234	1,150
5	625	25	8695	5600	1560	97	488	8	739	0	262	1,156
Ограничение на порядок рассмотрения учебных групп, 5 лучших решений из 15												
6	457	2	5950	4290	1200	129	296	3	729	10	302	0,854
7	438	9	5859	4165	1207	130	324	6	728	0	247	0,912
8	422	2	6390	3180	1263	120	316	13	723	12	277	0,945
9	465	6	4610	5065	1216	101	335	10	738	7	282	0,945
10	431	9	6220	4880	1223	106	293	11	727	7	258	0,951
Ограничение на порядок рассмотрения преподавателей, 5 лучших решений из 15												
11	285	39	5425	2805	1031	97	478	4	713	0	259	1,060
12	335	38	4840	5180	1019	107	452	11	732	0	208	1,115
13	312	54	5710	4495	1003	106	490	11	727	0	264	1,219
14	301	31	5215	4215	990	100	520	26	726	0	253	1,245
15	316	46	5830	2875	1036	99	509	18	736	0	283	1,247

- Имеет смысл рассматривать пары по группам!
- Скорость сходимости? Качество решений? (время в ~60 раз больше)

Перспективы использования потенциала добровольных распределенных вычислений в проекте Gerasim@home

- вычислительные эксперименты с другими методами построения разбиений (вариации последовательных и итерационных алгоритмов);
- другие задачи при проектировании мультисистем;
- задачи комбинаторной оптимизации (теория графов, теория игр, исследование операций).

Доклад окончен.
Спасибо за внимание!

Спасибо всем добровольцам,
принявшим участие в проекте Gerasim@home!

WWW: http://evatutin.narod.ru, http://gerasim.boinc.ru
E-mail: evatutin@rambler.ru
ЖЖ: http://evatutin.livejournal.com
Skype: evatutin
ICQ: 203-229-391