

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Судаков Владимир Анатольевич

sudakov@ws-dss.com

Литература

- Роберт Шеннон. Имитационное моделирование систем - искусство и наука
- Хемди Таха. Исследование операций
- Олег Ларичев. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах
- Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства
- Ричард Саттон, Эндрю Барто. Обучение с подкреплением
- Аллен Б. Дауни. Изучение сложных систем с помощью Python
- Джоэл Грас. Data Science. Наука о данных с нуля

Паспорт специальности

05.13.18. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Формула специальности:

Содержанием специальности является разработка фундаментальных основ и применение математического моделирования, численных методов и комплексов программ для решения научных и технических, фундаментальных и прикладных проблем. Важной особенностью специальности является то, что в работах, выполненных в ее рамках, должны присутствовать оригинальные результаты одновременно из трех областей: математического моделирования, численных методов и комплексов программ.

Области исследований:

- Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений.
- Развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей.
- Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.
- Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.
- Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.
- Разработка новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей объектов на основе данных натурного эксперимента.
- Разработка новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурного эксперимента на основе его математической модели.
- Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования.

Паспорт специальности

Смежные специальности:

Диссертация относится к другим специальностям в случае преобладания: методов теории функций и функционального анализа – к специальности 01.01.01 «Вещественный, комплексный и функциональный анализ»; вопросов, связанных с существованием и единственностью решения задач, возникающих при изучении математических моделей в форме дифференциальных уравнений – к специальности 01.01.02 «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»; методов исследования уравнений математической физики – к специальности 01.01.03 «Математическая физика»; теоретических аспектов исследования численных методов – к специальности 01.01.07 «Вычислительная математика»; вопросов программирования и автоматизации расчетов – к специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»; физических, химических, технических, экономических и других аспектов – к соответствующим специальностям «Номенклатуры специальностей научных работников» (например, к специальности 01.04.02 «Теоретическая физика»).

Примечание:

Специальность не включает исследования в следующих областях: разработка новых математических моделей из конкретных предметных областей; разработка автоматизированных систем контроля и управления техническими объектами и технологическими процессами по отраслям; элементы и устройства вычислительной техники и систем управления; математическое и программное обеспечение общего назначения для вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Отрасль наук:

технические науки (за исследования, соответствующие не менее чем трем пунктам, настоящего паспорта)

физико-математические науки (за исследования, соответствующие не менее чем трем пунктам, настоящего паспорта, при преобладании математических методов в качестве аппарата исследований и при получении результатов в виде новых математических методов, вычислительных алгоритмов и новых закономерностей, характеризующих изучаемые объекты)

химические науки

геолого-минералогические науки

Нормативная база

- Положение о присуждении ученых степеней
- Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук
- ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления»

ДС

https://vak.minobrnauki.gov.ru/dc#tab=_tab:dc~

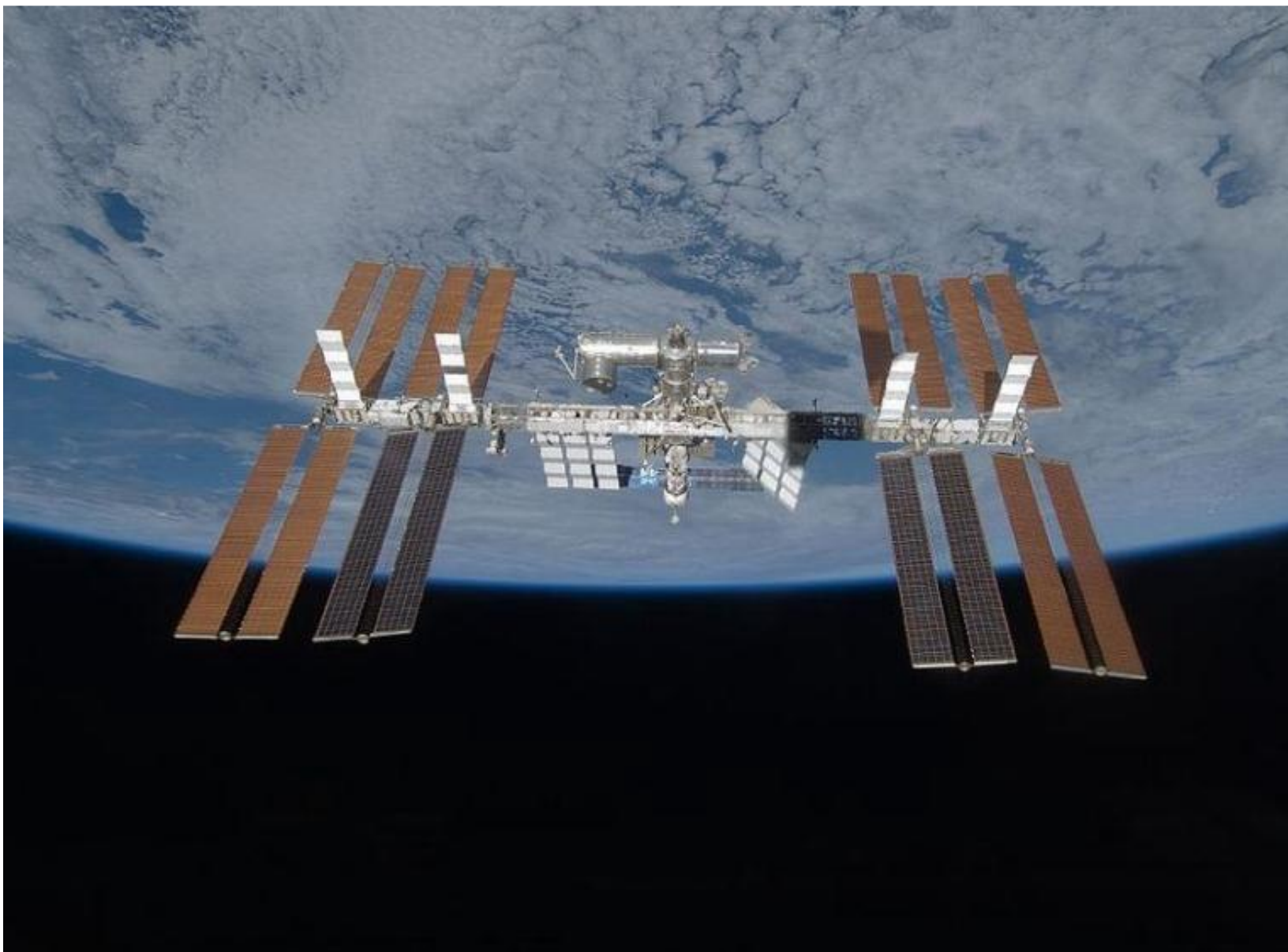
Содержание

1. Модели исследования операций
2. Дискретно-событийное моделирование
3. Модели клеточных автоматов
4. Машинное обучение с подкреплением
5. Системы поддержки принятия решений
6. Программные пакеты оптимизации
7. Мультиагентное моделирование
8. Мультидисциплинарная оптимизация
9. Моделирование на базе фреймов
10. Интеграция учебной и научной деятельности

Модели исследования операций

- *Операция* — всякое мероприятие (система действий), объединённое единым замыслом и направленное к достижению какой-то цели
- *Решение* — всякий определённый набор зависящих от человека значений параметров
- *Оптимальное* — решение, которое по тем или другим признакам предпочтительнее других
- *Цель исследования операций* — предварительное количественное обоснование оптимальных решений с опорой на показатель эффективности

Планирование космических экспериментов (КЭ) на РС МКС



Редактор критериев

Редактор критериев

Пользователь tester

Настройки Выход

- Система поддержки принятия решений
- Задачи
- Альтернативы
- Критерии
- Экспертные оценки
- Ранжирование
- Пользователи
- Роли

Дерево критериев

- Оценка КЭ
 - Значимость эксперимента
 - Актуальность КЭ**
 - Значимость результатов КЭ
 - Научный эффект КЭ
 - Прикладной эффект КЭ
 - Безопасность
 - Готовность КЭ к включению программу
 - Доступность информации по КЭ
 - Космическая деятельность
 - КЭ является международным
 - Наличие заинтересованного заказчика
 - Наличие КЭ в подпрограмме исследований
 - Соответствие КЭ направлениям других программ
 - Соответствие КЭ направлениям ФКП
 - Социальный эффект
 - Экологический эффект
 - Экономический эффект
 - Технологическая инновационность
 - Использование существующей техники
 - Наличие международного патента

Параметры

Наименование: Актуальность КЭ

Описание:

Родитель: Значимость эксперимента

Шкала

№	Градация	Ранг	Удалить
1	Оценка невозможна	1	☐
2	Эксперимент в принципе полезен, однако его задержка не повлияет на темп исследований в данной области	2	☐
3	Задержка проведения КЭ затормозит, но не остановит дальнейшие исследования в данной области.	3	☐
4	Задержка проведения КЭ приведет к соответствующей остановке исследования в данной области.	4	☐
5	Срыв проведения эксперимента в заданные сроки приведет к принципиальной невозможности в течение многих лет получить требуемую информацию (например, вследствие изменения активности Солнца, или если аппаратура входит в состав МЛМ и, таким образом, сроки её	5	☐

Направление улучшений: Чем больше, тем лучше

Числовой показатель: ☐

Порядковый номер:

Ресурсные ограничения

Редактор ресурсов

192.168.56.101:8080/DSS/Resource.aspx

Google

Редактор ресурсов

Задача: Оценка КЭ

Пользователь: Администратор

Настройки

Выход

- Система поддержки принятия решений
- Задачи
- Альтернативы
- Критерии
- Ресурсы
- Экспертные оценки
- Ранжирование
- Планирование
- Пользователи

Ресурсы

Наименование	Описание	Значение	Период	Единица изменения периода	Критерий	Удалить
Масса доставляемой на борт НА (кг)	Масса доставляемой на борт НА (кг)	0	2	квартал	Масса доставляемой на борт НА (кг)	
Объём доставляемой на борт НА (м^3)	Объём доставляемой на борт НА (м^3)	0	2	квартал	Объём доставляемой на борт НА (м^3)	
Масса возвращаемых блоков (кг)	Масса возвращаемых блоков (кг)	0	2	квартал	Масса возвращаемых блоков (кг)	
Объём возвращаемых блоков (м^3)	Объём возвращаемых блоков (м^3)	0	2	квартал	Объём возвращаемых блоков (м^3)	
Мощность НА (кВт)	Потребляемая мощность НА (кВт)	0	2	квартал	Мощность НА (кВт)	
Энергопотребление НА (кВт-ч)	Суммарное энергопотребление НА (кВт-ч)	0	2	квартал	Энергопотребление НА (кВт-ч)	
Время реализации сеансов КЭ (мин)	Суммарное время реализации сеансов КЭ (мин)	0	2	квартал	Время реализации сеансов КЭ (мин)	
Требуемое рабочее время экипажа (мин)	В том числе требуемое рабочее время экипажа на проведение КЭ (мин)	0	2	квартал	Требуемое рабочее время экипажа (мин)	
Объём передаваемой информации (Гбайт)	Необходимый за время проведения КЭ объём передаваемой информации по радиолинии связи в (Гбайт)	0	1	день	Объём передаваемой информации (Гбайт)	

Формализация задачи планирования КЭ

- Целевая функция

$$\max_{x_j, t_j (j \in J)} \left\{ \sum_{j=1}^J x_j p_j; \sum_{j=1}^J x_j p_j (T - t_j) / T \right\}$$

- Ограничения

$$\sum_{j=1}^J x_j \left\{ \frac{\sum_{t=(n-1)\Delta+1}^{n\Delta} f_j(t-t_j)}{\tau_j} \right\} q_{jk} \leq Q_k, \quad (k=1,2,\dots,K; n=1,2,\dots,N),$$

$$\sum_{j=1}^J x_j f_j(t-t_j) v_{jl} \leq V_l, (l=1,2,\dots,L; t=1,2,\dots,T),$$

$$t_j \geq \max_s \{t_{ps[j,s]} + \tau_{ps[j,s]}\}, (j=1, 2, \dots, J),$$

$$x_j \leq t_j \leq T x_j - \tau_j, \quad (j=1, 2, \dots, J),$$

$$x_j = 0 \text{ или } 1, \quad (j=1, 2, \dots, J).$$

Трудноразрешимые задачи, NP-полнота

Функция временной сложности	Размер n					
	10	20	30	40	50	60
n	0,00001 сек	0,00002 сек	0,00003 сек	0,00004 сек	0,00005 сек	0,00006 сек
n^2	0,0001 сек	0,0004 сек	0,0009 сек	0,0016 сек	0,0025 сек	0,0036 сек
n^3	0,001 сек	0,008 сек	0,027 сек	0,064 сек	0,125 сек	0,216 сек
n^5	0,1 сек	3,2 сек	24,3 сек	1,7 мин	5,2 мин	13,0 мин
2^n	0,001 сек	1,0 сек	17,9 мин	12,7 дней	35,7 лет	366 столетий
3^n	0,059 сек	58 мин	6,5 лет	3855 столетий	2×10^8 столетий	$1,3 \times 10^{13}$ столетий

Влияние быстродействия ЭВМ

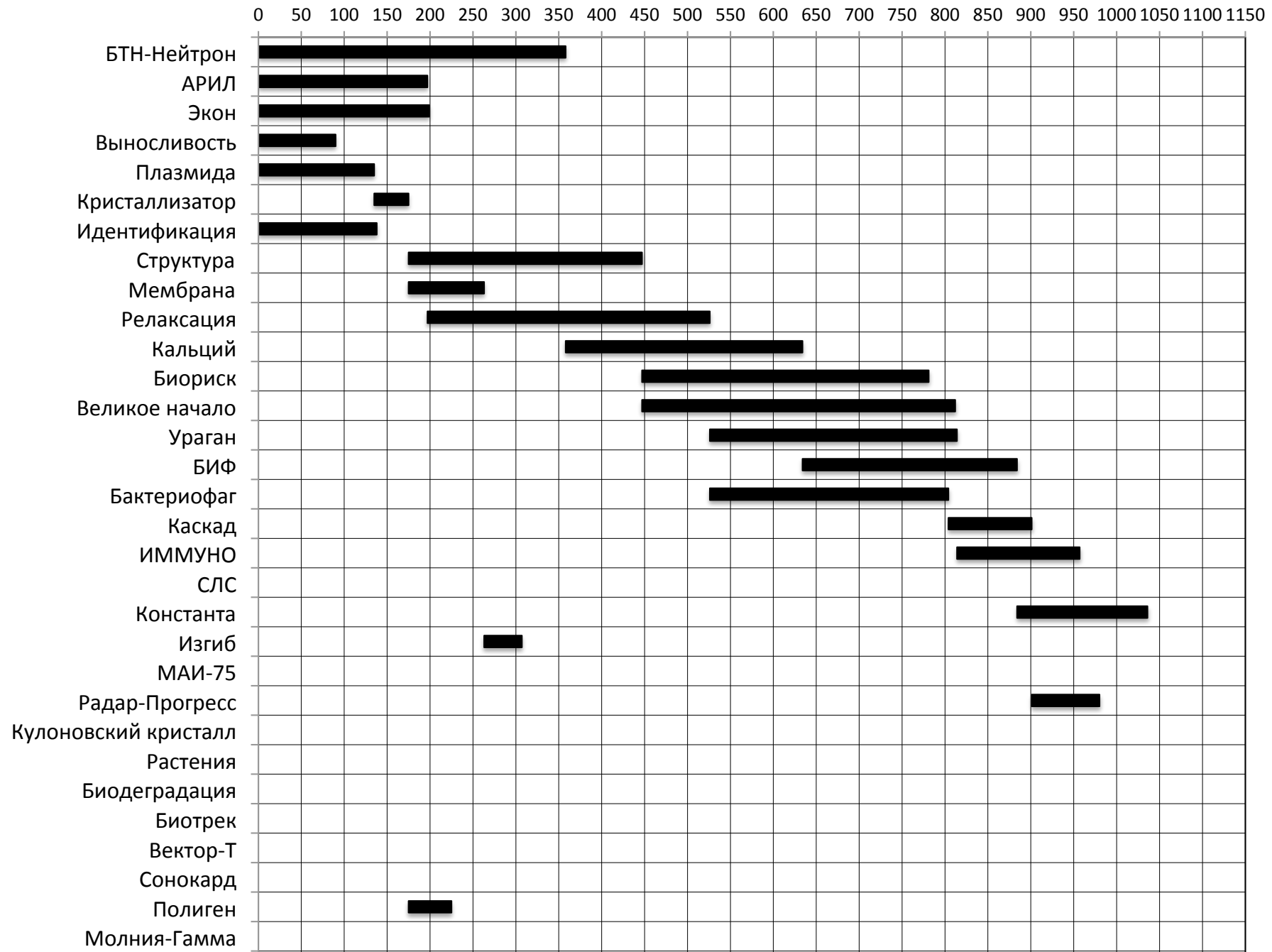
*Размеры наибольшей задачи,
разрешимой за один час*

<i>Функция временной сложности</i>	<i>На современных ЭВМ</i>	<i>На ЭВМ, в 100 раз более быстрых</i>	<i>На ЭВМ, в 1000 раз более быстрых</i>
n	N_1	$100 N_1$	$1000 N_1$
n^2	N_2	$10 N_2$	$31,6 N_2$
n^3	N_3	$4,64 N_3$	$10 N_3$
n^5	N_4	$2,5 N_4$	$3,98 N_4$
2^n	N_5	$N_5 + 6,64$	$N_5 + 9,97$
3^n	N_6	$N_6 + 4,19$	$N_6 + 6,29$

Экспоненциальная сложность на практике

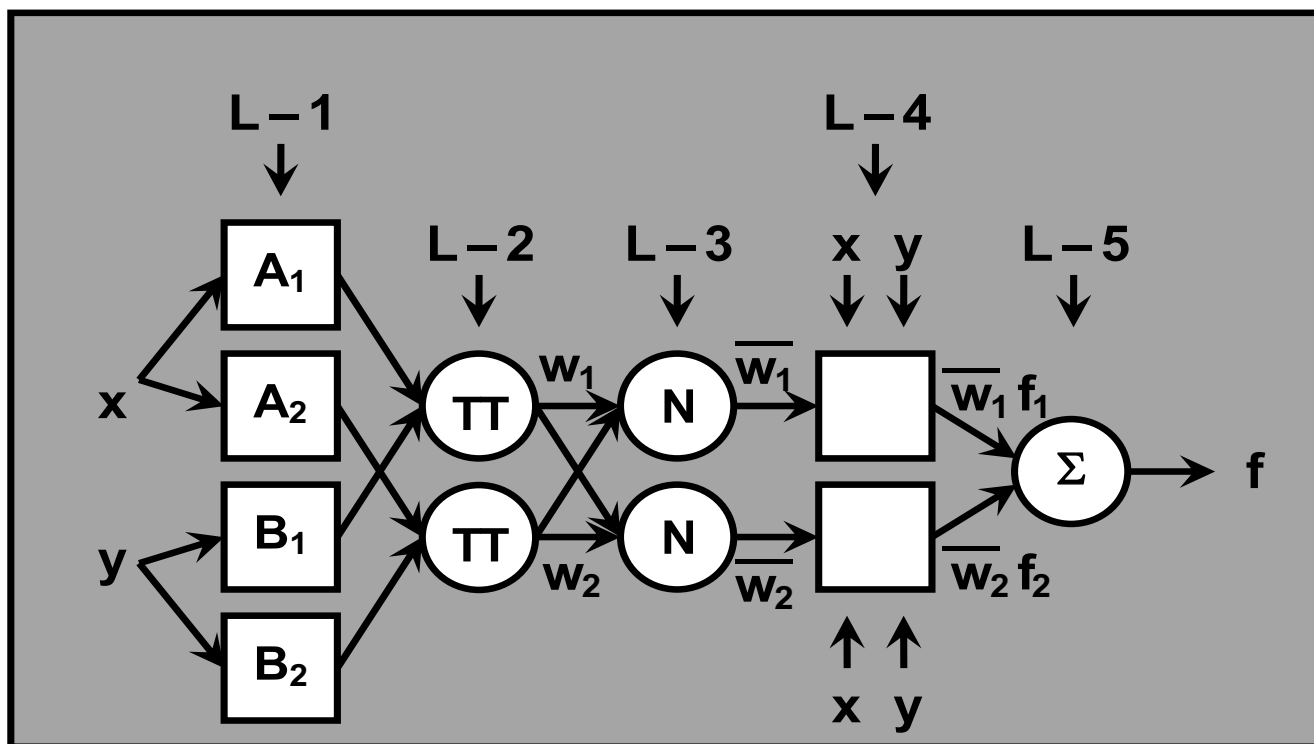
- Некоторые задачи имеют экспоненциальную сложность, но это сложность для *наихудшего* случая
- Во многих практических задачах эта сложность не проявляется
- Проблема – нет способа спрогнозировать как поведет себя экспоненциальный алгоритм на тех или иных данных

Диаграмма Ганта

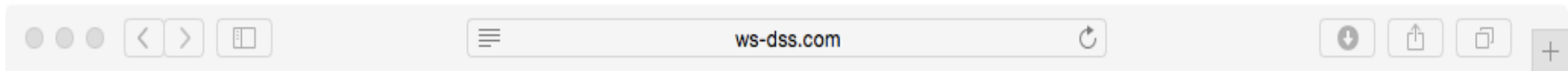


NEURO-FUZZY модель

Нейронная сеть обучается на базе нечетких предпочтений ЛПР:



Решение транспортных задач в ws-dss



[Главная страница](#)

Профиль

Учебные материалы

Задачи

Модели

Администрирование

[Выйти](#)

Название: Выбор инфраструктурного проекта 100/500

Модель: Модель выбора методом взвешенной суммы

Статус прогона: Прогон завершен

Описание:

Лучшие ранги: 0.586, 0.59, 0.605, 0.606, 0.611

Номера соответствующих альтернатив: 264, 390, 85, 355, 334

Трассировочная печать:

Число альтернатив: 500

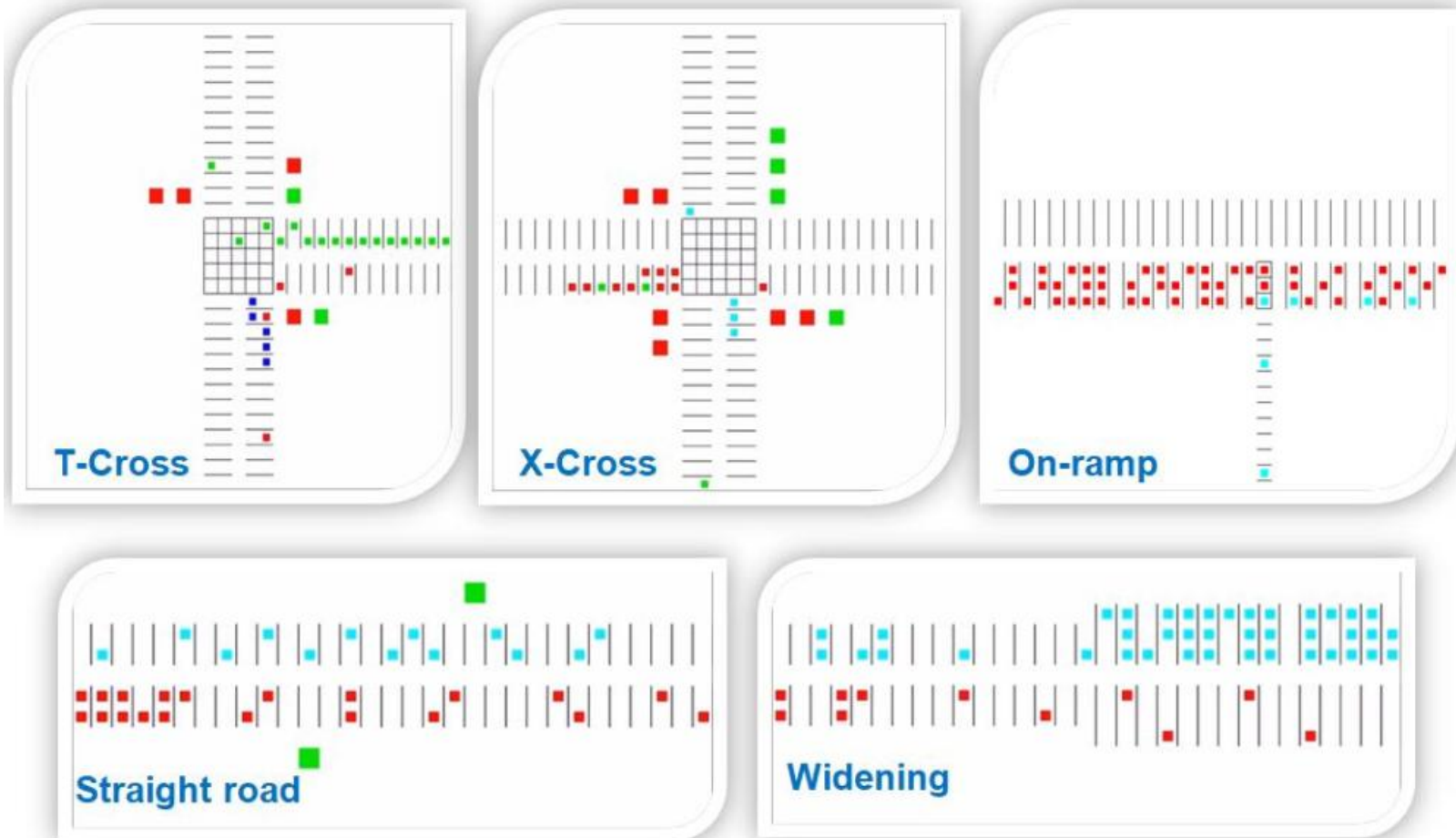
Число критериев: 100

[illegible]

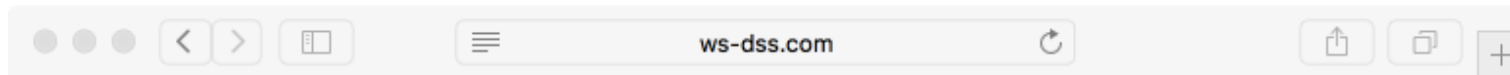
Верхние границы значений: [99, 98, 99,
99,
99,
99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99, 99]

Нормированные значения весов: [0.0053, 0.0061, 0.0135, 0.0196, 0.0145, 0.0192, 0.0071, 0.0127, 0.0086, 0.0059, 0.0053, 0.0116, 0.0145, 0.0114, 0.0039, 0.0202, 0.0004, 0.0122, 0.0096, 0.0039, 0.0065, 0.0184, 0.0088, 0.001, 0.0137, 0.0108, 0.0027, 0.002, 0.0094, 0.0051, 0.0182, 0.0204, 0.0012, 0.001, 0.0045, 0.0047, 0.019, 0.0176, 0.02, 0.01, 0.019, 0.

Модели клеточных автоматов



Решение оптимизационных задач в ws-dss



Входные данные:

```
{
  "trace": 1,
  "kn": 1,
  "kpiа": 1,
  "kpp": 1,
  "dir": 1,
  "c": [-3,-7, 1,-1],
  "h": [1, 1, 1, 1],
  "asb": [
    [2, -1, 1, -1, 2, 1],
    [-1, 1, -6, -4, 0, -8],
    [-5, -3, 0, -1, 0, -5]
  ]
}
```

Выходные данные:

Метод неявного перебора по векторной решетке
SVL Версия 2.0
КН: ВКЛЮЧЕН
КПИА: ВКЛЮЧЕН
КПП: ВКЛЮЧЕН
Данные по задаче в исходной форме
Направление оптимизации: MAX
Коэффициенты целевой функции: -3 -7 1 -1
Ограничения на опт. переменные сверху: 1 1 1 1
Ограничения:
2 -1 1 -1 >= 1
-1 1 -6 -4 <= -8
-5 -3 0 -1 <= -5
Время начала работы: 11/04/2016 22:10:35
Преобразованная задача:
Направление оптимизации: MIN
Коэффициенты целевой функции: 3 7 1 1

Современные средства решения задач ОПТИМИЗАЦИИ

- AMPL - A Modeling Language for Mathematical Programming — язык моделирования для математического программирования
- GAMS - General Algebraic Modeling System – система моделирования для математического программирования и оптимизации
- JULIA - высокоуровневый высокопроизводительный свободный язык программирования с динамической типизацией, созданный для математических вычислений.
- ILOG CPLEX - это решение, предназначенное для быстрой разработки и развертывания моделей математического программирования и программирования в ограничениях. Сочетает в себе полнофункциональную интегрированную среду разработки с поддержкой языка OPL и высокопроизводительные модули решений CPLEX и CP Optimizer.
- SCIP - один из самых быстрых некоммерческих решателей для смешанного целочисленного программирования (MIP) и смешанного целочисленного нелинейного программирования (MINLP).

Многокритериальная оценка ЛА

Критерии:

Технические хар-ки
Хорошие 1
Удовл. 0.5
Неудовл. 0

Экономичность
Хорошая 1
Удовл. 0.5
Неудовл. 0

Импортозависимость
Высокая 1
Низкая 0

Альтернативы:



Тех. хар-ки	Экономичность	Импорто-зависимость
0.25	0.8	1

Тех. хар-ки	Экономичность	Импорто-зависимость
0.5	0.35	0

Области предпочтения:

Уровень предпочтения	Низкий	Средний	Высокий
	Тех. хар-ки: 0.5, 0	Тех. хар-ки: 0.5	Тех. хар-ки: 1, 0.5
	Экономичность: 0.5, 0	Экономичность: 1, 0.5	Экономичность: 1, 0.5
	Импорт.: 1	Импорт.: 1	Импорт.: 0
Значения критериев			

Ранги:

Ранг АН-124: 0.8256

Ранг ИЛ-76: 0.3484

Использование областей предпочтений

Области предпочтения

☐ Удалить Уровень предпочтения: Неуд 2.0

Технические характеристики	Хорошие	Плохие	Неуд
	0.5	0.3	0.0

Экономичность	Уд	Неуд	Хор
	0.3	0.0	0.5

☐ Удалить Уровень предпочтения: Уд 3.0

Технические характеристики	Хорошие	Плохие	Неуд
	0.5	0.3	0.0

Экономичность	Уд	Неуд	Хор
	0.3	0.0	0.5

☐ Удалить Уровень предпочтения: Хорошо 4.0

Технические характеристики	Хорошие	Плохие	Неуд
	0.5	0.3	0.0

Экономичность	Уд	Неуд	Хор
	0.3	0.0	0.5

☐ Удалить Уровень предпочтения: Неуд 2.0

Технические характеристики	Хорошие	Плохие	Неуд
	0.5	0.3	0.0

Экономичность	Уд	Неуд	Хор
	0.3	0.0	0.5

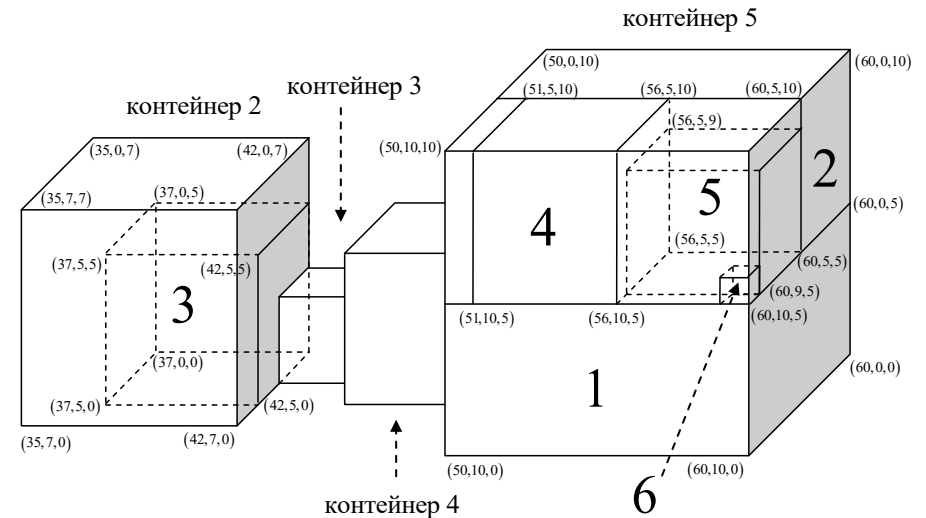
[Добавить область предпочтения](#)

Сохранить

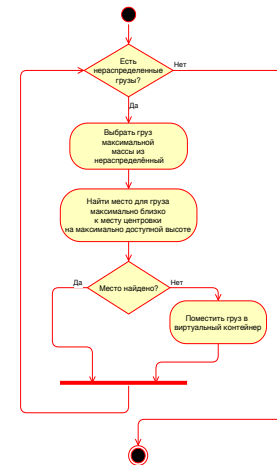
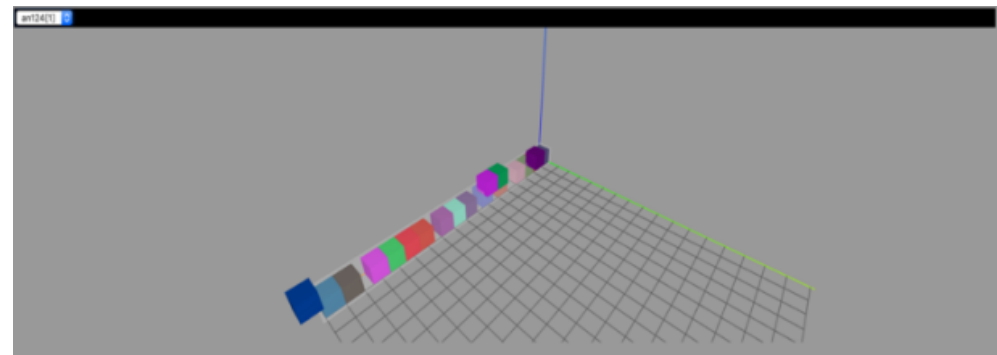
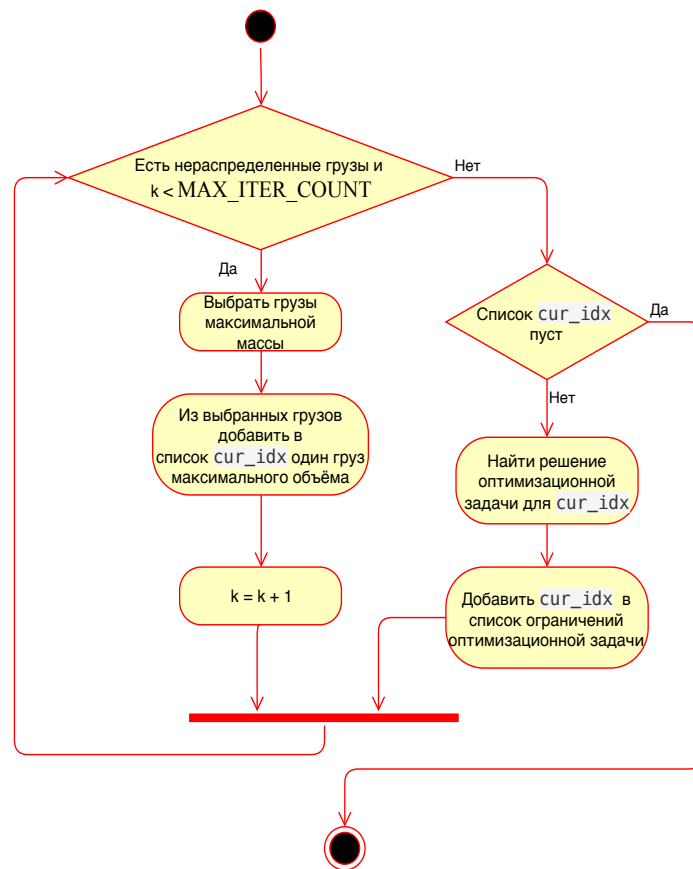
Оптимальное размещение грузов на борту воздушных судов

$$\begin{aligned} & \max \alpha \left(\sum_{i=1}^n x_i^1 \right) + \beta \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^g m_i r_{ij} \right) \\ & (-1)^e x_v^{\lfloor \frac{e}{2} \rfloor} + (-1)^{e+1} x_i^{\lfloor \frac{e}{2} \rfloor} + \sum_{d=1}^D (-1)^{f(e,d)+1} M a_{vi}^d \\ & \leq -l_{u(e,v,i)}^{\lfloor \frac{e}{2} \rfloor} + \sum_{d=1}^D f(e,d) M \\ & \sum_{v=1}^n (m_v q_{vij}^d) - m_i p_{ij}^d - \frac{1}{2} m_i l_i^d r_{ij} = 0 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n \prod_{d=1}^D l_i^d r_{ij} \leq \prod_{d=1}^D L_j^d .$$



Алгоритм декомпозиции, эвристика, мультиагентный подход



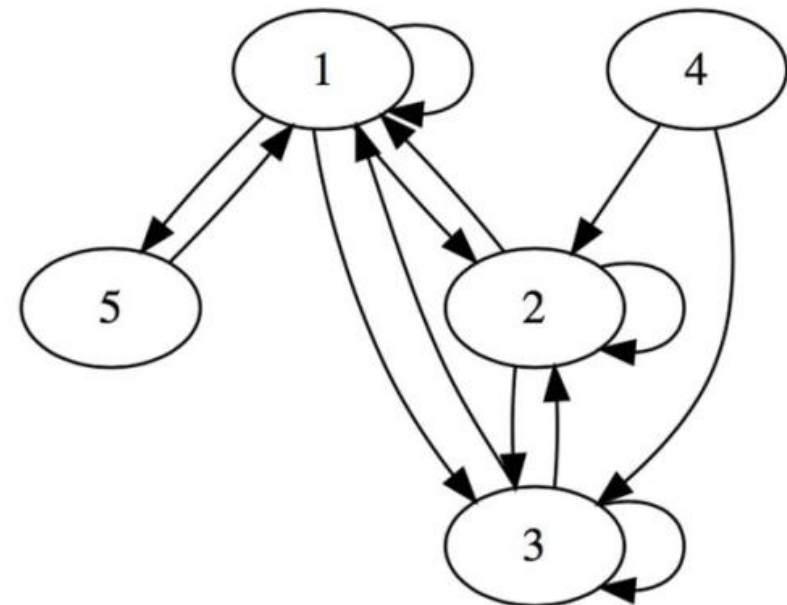
Дискретно-событийные модели

Планируемые события заносятся в список будущих событий (СБС). Его структура:

- время свершения события
- код события
- место события
- массив идентификаторов ЛА, к которым относится событие.

ПО:

AnyLogic, GPSS, SimPy



Имитационное моделирование

Имитационная модель

Исходные данные | Моделирование | Результаты | Выход

Модель | Визуализация

Моделирование | Отчет

Модель: Model1

Моделирование варианта №:	0
Выполняется прогон №:	0
Обработано событий:	48
Выполнено шагов (откатов):	0 (0)
Текущий размер шага:	0
Текущее модельное время:	98.2973864069577
Время моделирования:	00:00:28
Моделирование приостановлено:	Length >= 2 (OnBreakpoint)

98%

Трассировка LS_Query

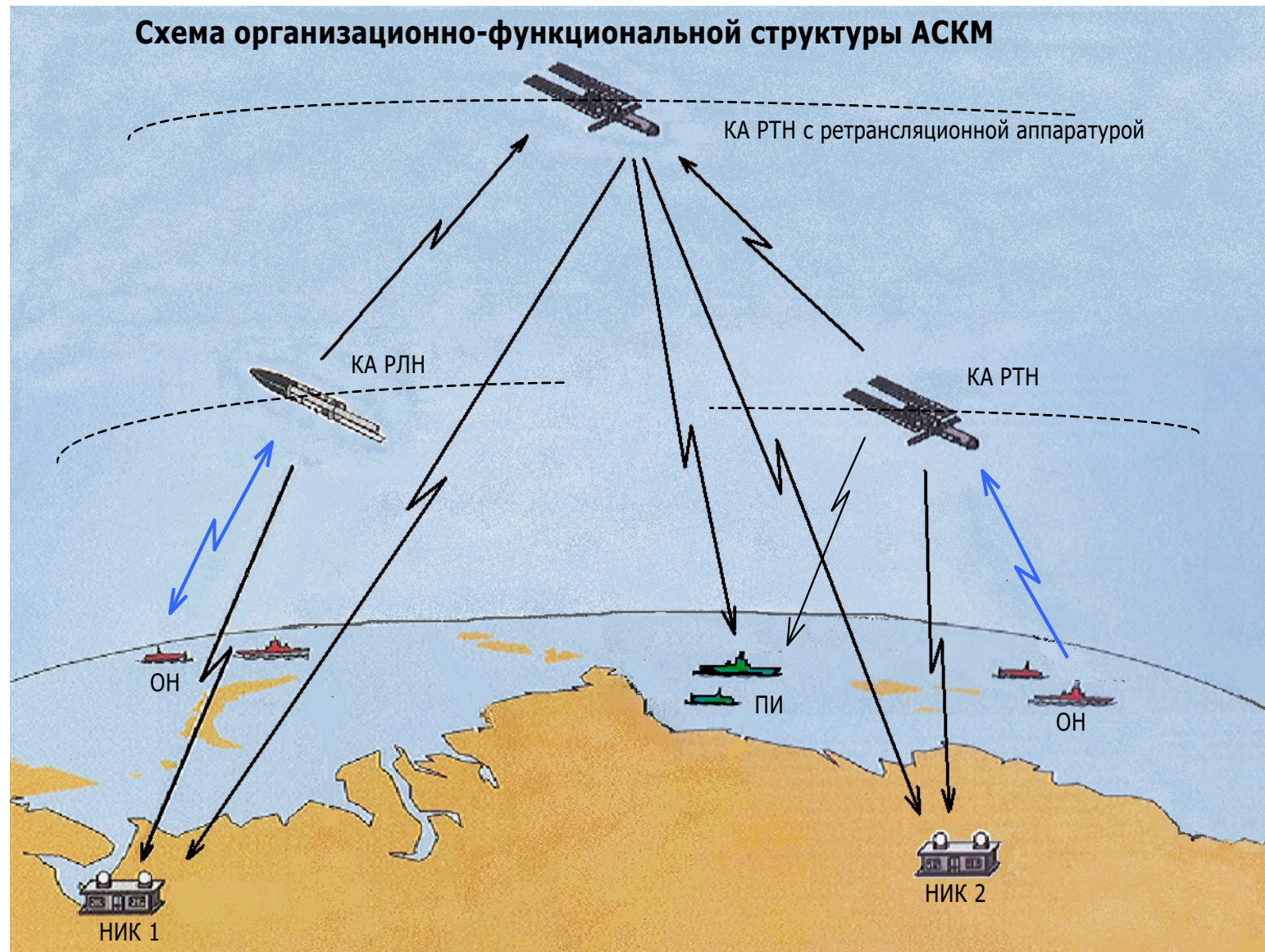
Состояние | Статистика | Графики | Гистограммы

Название	Значение	Описание	Условие	Значение
Length	2 (неограничен)	Длина списка (и ограничение по длине)	>=	2
Enters	21	Число попыток добавления в список		
Losses	0	Число отказов при добавлении в список		

Содержимое (N; time_in; priority)

Извлеченная запись:	Переменная	Значение	Тип	Описание
93.0953699739569; 0	0 tvx[0]	94.686212365635	TVarReal	время входа заявки в систему
Просматриваемая запись:	1 NZ[0]	25	TVarInteger	номер заявки
21.2863388212895; 0	2 P_rec[0]	0000000000A767	TVarPointer	указатель на запись СБС события извлечения заявки из очереди
0; 94.686212365635; 0				
1; 98.2973864069577; 0				

Планирование космических наблюдений



Формирование расписаний авиаперевозок

$$\begin{aligned}
 & \min_{x_{ijl}^k} \left(\sum_k \sum_i \sum_{j \in J_i^k} \alpha^k x_{ij1}^k + \sum_k \sum_i \sum_{j \in J_i^k} \sum_l \beta_{ij}^k x_{ijl}^k \right) \\
 & \forall k \forall l \sum_i \sum_{j \in J_i^k} x_{ijl}^k \leq 1, \forall k \forall l < L_k \forall j \sum_{i \in I_j^k} x_{ijl}^k \leq \sum_{u \in J_j^k} x_{ju(l+1)}^k + \sum_{u \in J_j^k} x_{ju1}^k \\
 & \forall k \sum_i \sum_{j \in J_i^k} \sum_l t_{ij}^k x_{ijl}^k \leq T - C_k, \forall i \forall j \sum_k \sum_l v_k x_{ijl}^k \geq a_{ij}, \\
 & \forall i \sum_k \sum_{j \in J_i^k} \sum_l x_{ijl}^k + \sum_k \sum_{j \in I_i^k} \sum_l x_{jil}^k \leq S_i
 \end{aligned}$$

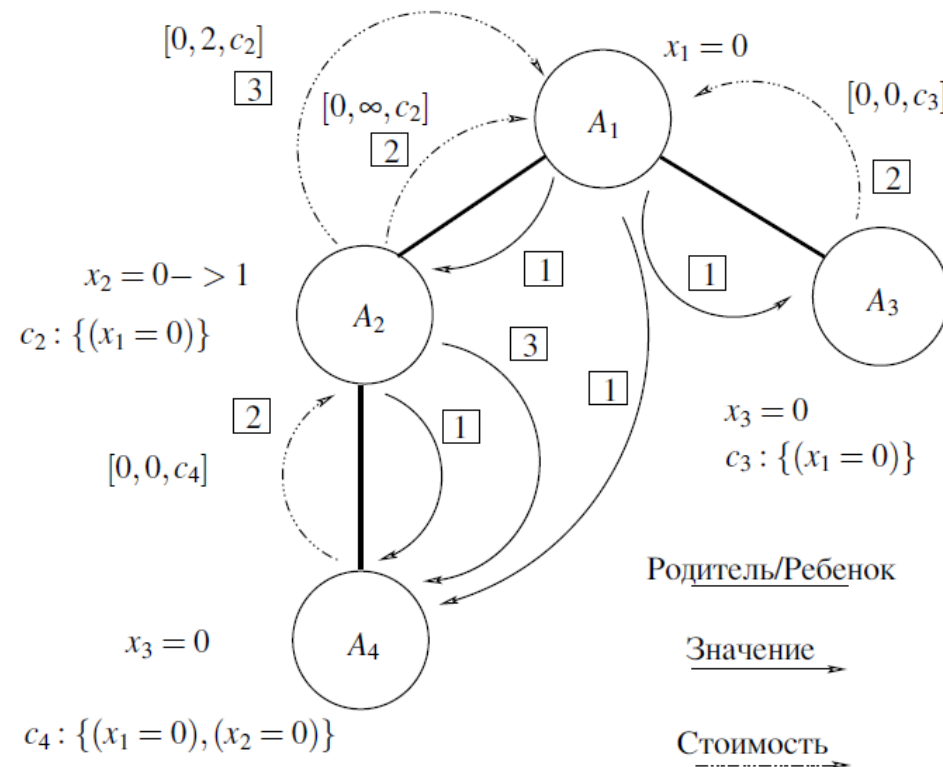
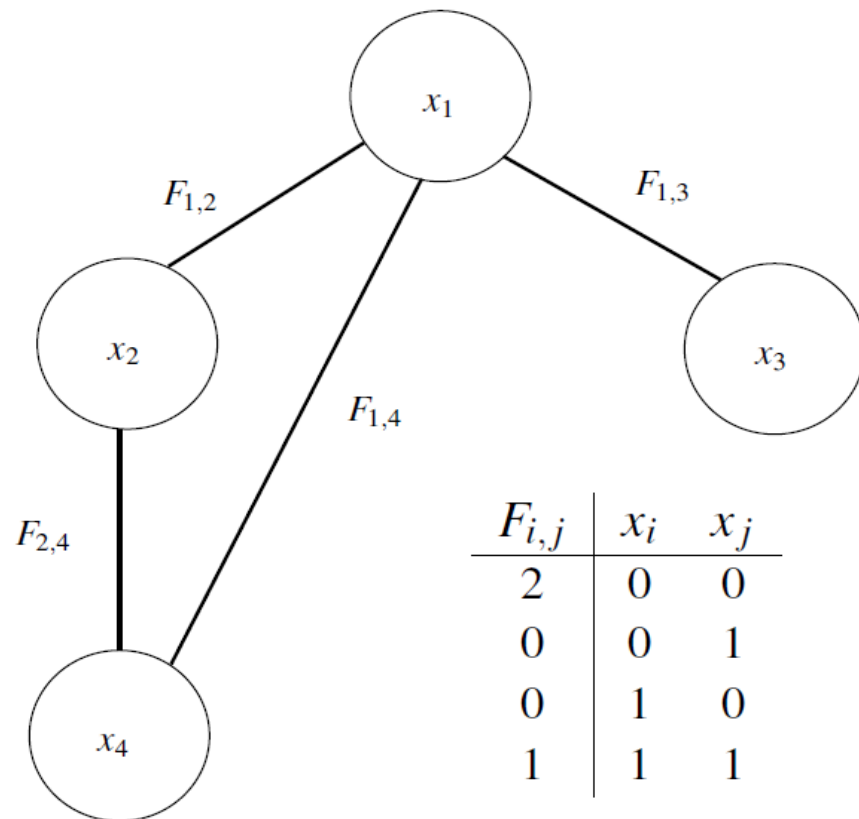
Решение на портале WS-DSS



```
GDG: {"MRV": 2000, "CSY": 1000},
"MRV": {"GDG": 19000, "CSY": 5000},
"CSY": {"MRV": 7000, "GDG": 11000}
},
"available": {
  "GDG": {"MRV": ["mc21", "sj100", "il96", "tu204"], "CSY": ["mc21", "sj100", "tu204"]},
  "MRV": {"GDG": ["mc21", "sj100", "il96", "tu204"], "CSY": ["mc21", "sj100", "tu204"]},
  "CSY": {"MRV": ["mc21", "sj100", "tu204"], "GDG": ["mc21", "sj100", "tu204"]}
},
"people": {
  "GDG": {"MRV": 250, "CSY": 30},
  "MRV": {"GDG": 200, "CSY": 300},
  "CSY": {"MRV": 200, "GDG": 100}
},
"T": 60,
"trace": 0,
"version": 1
}

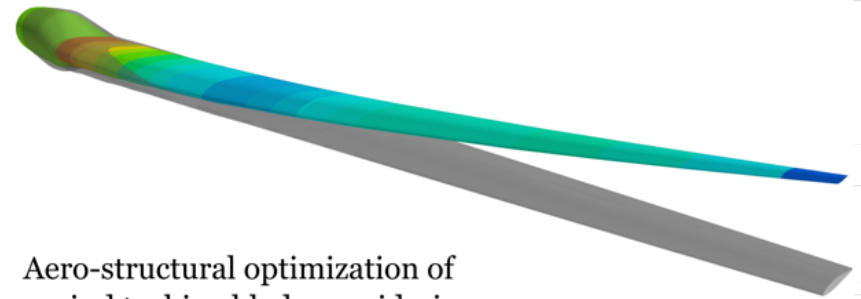
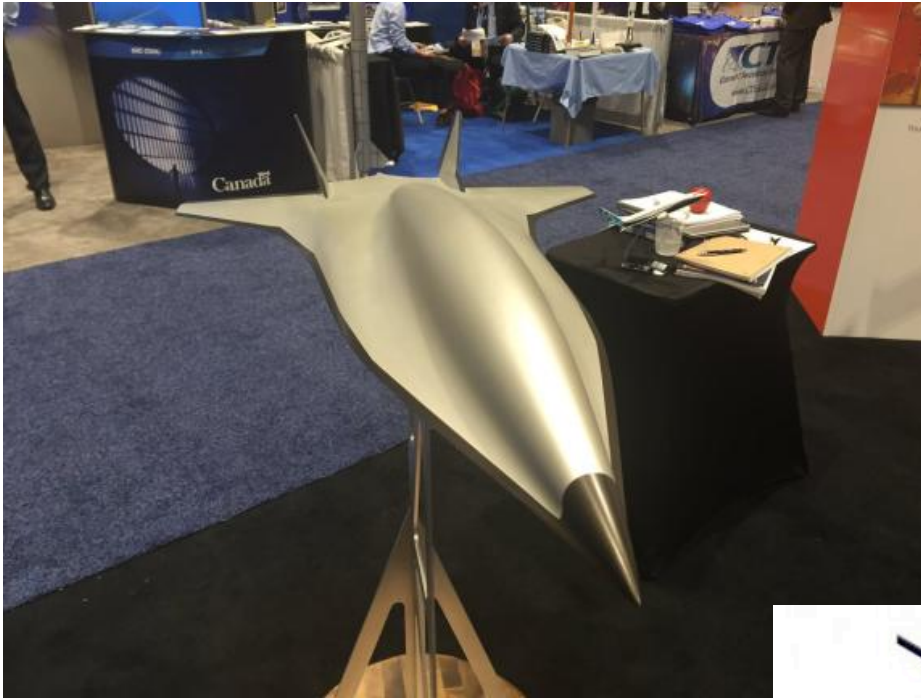
Выходные данные:
{
  "aircraft": {
    "il96": [
      {
        "aircraft_num": 0,
        "airport": "GDG"
      }
    ],
    "tu204": [
      {
        "aircraft_num": 1,
        "airport": "MRV"
      }
    ]
  }
}
```

Мультиагентное моделирование в задачах DCOP

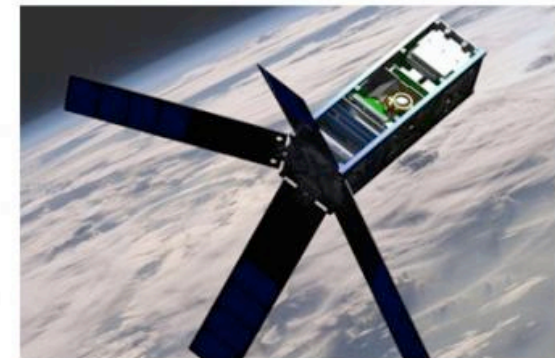
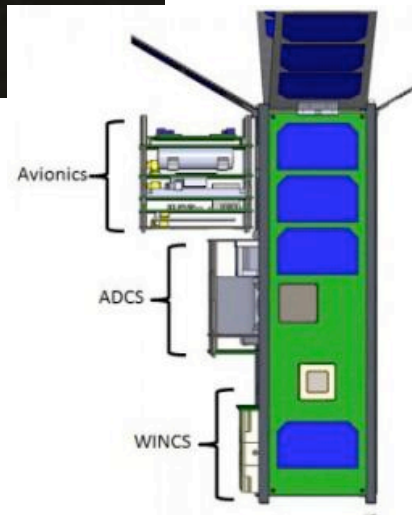


Пакет pyDCOP

Мультидисциплинарная ОПТИМИЗАЦИЯ



Aero-structural optimization of
a wind turbine blade considering
pre-curve jig shape



Пакет OpenMDAO

Моделирование в WS-DSS

Weighted sum choice model	The model allows one to determine the ranks of alternatives.				
The model of choice based on the HPF	The model of choice based on the hybrid preference function (HPF). The model allows one to determine the ranks of alternatives based on a hybrid preference function. The research was carried out within the framework of the federal target program "Research and development on priority areas of development of the scientific - technological complex of Russia for 2014-2020", Agreement No. 14.604.21.0052 dated June 30, 2014 with the Ministry of Education and Science. The unique identifier of the project is RFMEFI60414X0052.				
The Model of Pareto-Optimal Solutions	Assigns rank 1 to pareto-optimal solutions and rank 0 to dominant ones				
BPR-model of transport network	The model describes the transport network. The cost function for traveling along an arc is determined by the classical BPR function: $\text{travel_time}(\text{flow}) = \text{free_flow_time} * (1 + B * (\text{flow} / \text{capacity}) ^ P)$ The input of the model serves a network graph and a set of correspondences. The output returns the distribution of the flows along the arcs (the equilibrium state). Software implementation of the model: Anikin AS The research was carried out within the framework of the federal target program "Research and development in priority areas of development of the scientific and technological complex of Russia for 2014-2020", Agreement No. 14.604.21.0052 dated June 30, 2014 with the Ministry of Education and Science. The unique identifier of the project is RFMEFI60414X0052.	/opt/kiam/flows_optimize/run.sh			

Параметры

WS

DSS

[Jobs](#)

[Models](#)

[About the author](#)

[Students](#)

[Administration](#)

User: vsudakov@bk.ru [Русский](#) | [English](#)

Name: The model of choice based on the HPF

Description: The model of choice based on the hybrid preference function (HPF). The model allows one to determine the ranks of alternatives based on a hybrid preference function. The research was carried out within the framework of the federal target program "Research and development on priority areas of development of the scientific - technological complex of Russia for 2014-2020", Agreement No. 14.604.21.0052 dated June 30, 2014 with the Ministry of Education and Science. The unique identifier of the project is RFMEFI60414X0052.

Url:

Internal method: GFP

Accessibility: public

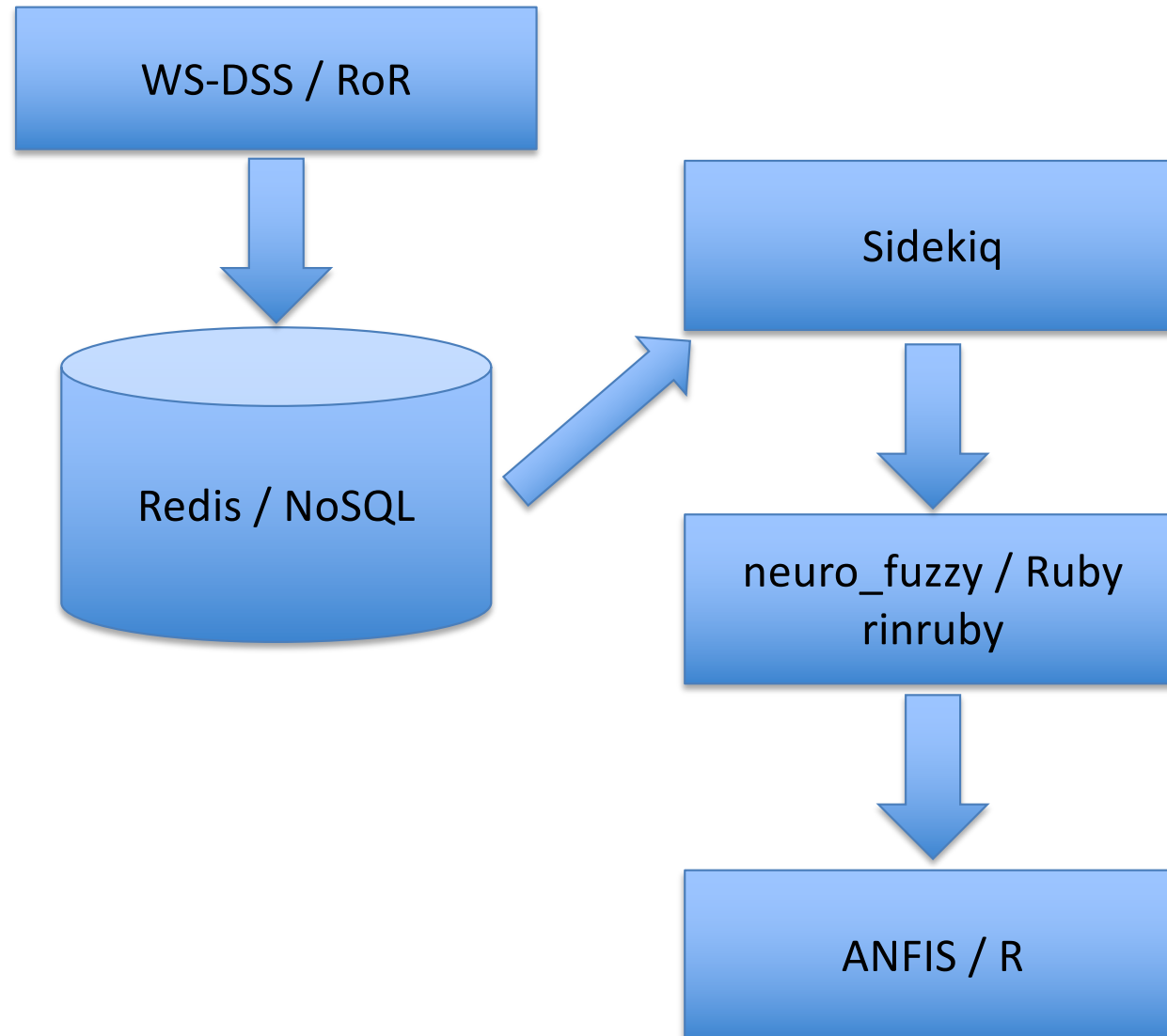
Model parameters

Name	Description	integer.	Number of meas.	Min value	Max value	Required	Replication
mk		i18n: Yes	3			i18n: Yes	i18n: No
p		i18n: Yes	1			i18n: Yes	i18n: No
criteria_weight		i18n: No	1	0.0		i18n: Yes	i18n: No
criteria_values		i18n: No	2			i18n: Yes	i18n: No
alternative_rank		i18n: No	1	0.0	1.0	i18n: No	i18n: No
interval		i18n: No	1			i18n: Yes	i18n: No
scale		i18n: No	2			i18n: Yes	i18n: No
full_trace		i18n: No	0			i18n: Yes	i18n: No

[Edit](#) | [Back](#)

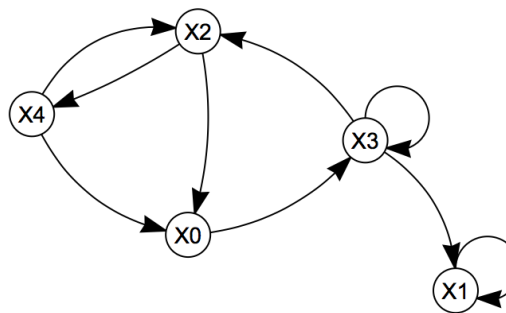
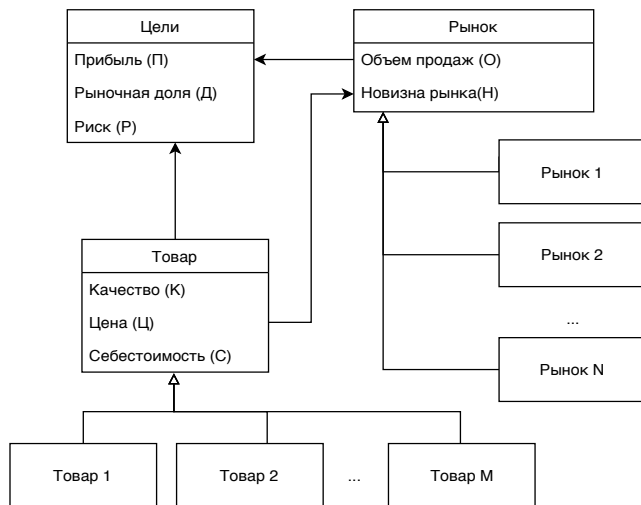
[Feedback](#) | © Copyright 2015 Vladimir Sudakov. Release 1.1

Схема взаимодействия



Факторная модель для исследования сложных процессов

- Анализ сложных систем включая технические, экономические и социальные, требует одновременного учета большого количества разнородных показателей.
- Во многих случаях приходится сталкиваться с высокой размерностью решаемой задачи, когда число факторов велико. Объем вычислений резко возрастает. Для разрешения данной ситуации разработана процедура моделирования факторов на основе концепции фреймов.
- Технология:
 - Библиотека матричных вычислений LAPACK.
 - Интерфейс вызова на языке Ruby
- Результаты:
 - Исследована модель инновационной деятельности предприятий.



$$U_{i,j}^* = \begin{bmatrix} 1 & u_{12}^{j*} & u_{13}^{j*} & u_{14}^{j*} & \dots & u_{1q_n}^{j*} \\ 1/u_{12}^{j*} & 1 & u_{23}^{j*} & u_{24}^{j*} & \dots & u_{2q_n}^{j*} \\ 1/u_{13}^{j*} & 1/u_{23}^{j*} & 1 & u_{34}^{j*} & \dots & u_{3q_n}^{j*} \\ 1/u_{14}^{j*} & 1/u_{24}^{j*} & 1/u_{34}^{j*} & 1 & \dots & u_{4q_n}^{j*} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/u_{1q_n}^{j*} & 1/u_{2q_n}^{j*} & 1/u_{3q_n}^{j*} & 1/u_{4q_n}^{j*} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$a_{ij} = \begin{cases} w_{i,j}^{j*}, & \text{если } \exists i_1 \exists i_2 : ((i_1, i_2) \in G) \wedge (i \in J_{i_1}) \wedge (j \in J_{i_2}) \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Интеграция учебной и научной деятельности

[Главная страница](#)[Профиль](#)[Учебные материалы](#)[Задачи](#)[Администрирование](#)[Выйти](#)

Метод: test_bool

Пользователь: vsudakov@bk.ru

Входные данные:

```
{"team":20150310805,
"0": "00000001000000010000000100000001",
"1": "11111111111111110101010100000000",
"2": "10101010010101011111111100000000",
"3": "1111111111111111111111111000011",
"5": "10001000100010001000100010001000",
"10": [1, 2, 3, 4],
"11": [1, 2, 3],
"12": [1, 2, 5]
}
```

Выходные данные:

Уникальный номер бригады 20150310805

Упростить, получить ДНФ, КНФ, составить таблицу истинности, записать изображающие числа:

$$0. f(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4) = (((x_2 \downarrow x_4) \leftrightarrow (x_1 \vee x_4)) \downarrow ((x_1 \rightarrow x_4) \rightarrow (x_0 \downarrow x_4))) \wedge (((x_3 \wedge x_0) \vee (x_4 \wedge x_3)) \wedge ((x_4 \vee x_0) \rightarrow (x_2 \wedge x_2)))$$

$$1. f(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4) = x_0 \mid (((x_0 \leftrightarrow x_1) \oplus (x_4 \downarrow x_3)) \vee ((x_1 \mid x_1) \rightarrow \overline{x_4}))$$

$$2. f(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4) = (((x_0 \vee x_4) \leftrightarrow x_1) \oplus ((x_1 \vee x_2) \vee \overline{x_2})) \leftrightarrow x_0$$

$$3. f(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4) = \overline{((x_1 \wedge x_0) \mid (x_0 \rightarrow x_0))} \rightarrow \overline{(x_2 \oplus (x_1 \leftrightarrow x_3))}$$

ГОСТ 19.101-77

По видам программы делят на:

- компонент — программа, рассматриваемая как единое целое, выполняющая законченную функцию и применяемая самостоятельно или в составе комплекса;
- комплекс — программа, состоящая из двух или более компонентов и (или) комплексов, выполняющих взаимосвязанные функции, и применяемая самостоятельно или в составе другого комплекса.