

РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени Г. В. ПЛЕХАНОВА



Современные цифровые технологии и математическое моделирование

- Научная лаборатория
«Прикладное моделирование»**
- Зав. лаб., д.т.н.
Владимир Анатольевич Судаков**

Содержание

1. Искусственный интеллект
2. Экспертные системы
3. Облачные технологии
4. Обеспечение качества цифровых решений
5. OLAP
6. Машинное обучение
7. Нейронные сети
8. Системы поддержки принятия решений
9. Модели исследования операций
10. Дискретно-событийное моделирование
11. Модели клеточных автоматов
12. Программные пакеты оптимизации
13. Мультиагентное моделирование
14. Мультидисциплинарная оптимизация
15. Моделирование на базе фреймов
16. Оптимизация пищевых смесей
17. Интеграция учебной и научной деятельности

Искусственный интеллект (ИИ)

- Новое захватывающее направление работ по созданию компьютеров, способных думать, ...машин, обладающих разумом, в полном и буквальном смысле этого слова
- [Автоматизация] действий, которые мы ассоциируем с человеческим мышлением, т.е. таких действий, как принятие решений, решение задач, обучение...
- Изучение умственных способностей с помощью вычислительных моделей
- Наука о том, как научить компьютеры делать то, в чем люди в настоящее время их превосходят

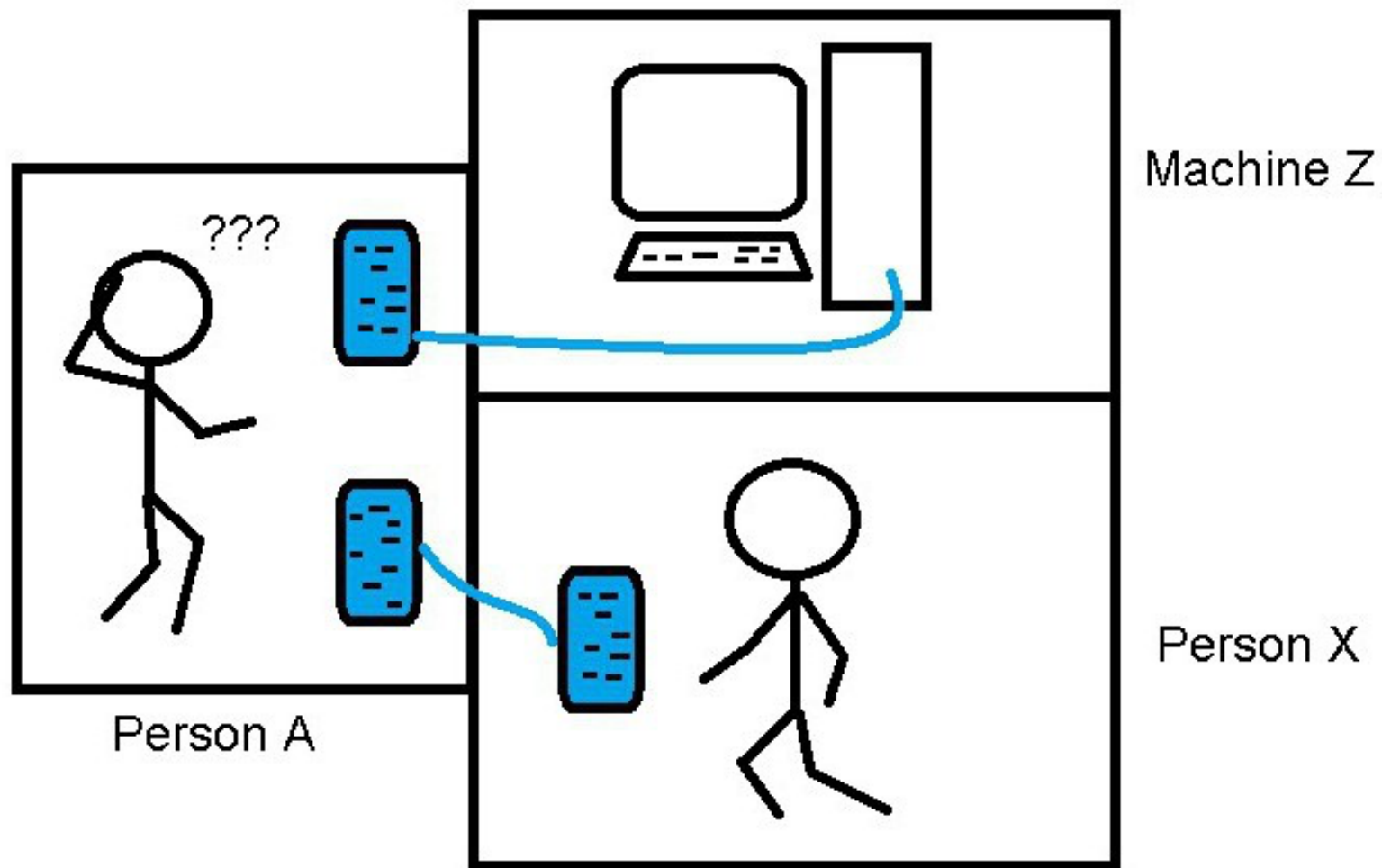
Зачем нужен ИИ?

- 1.
- 2.
- 3.

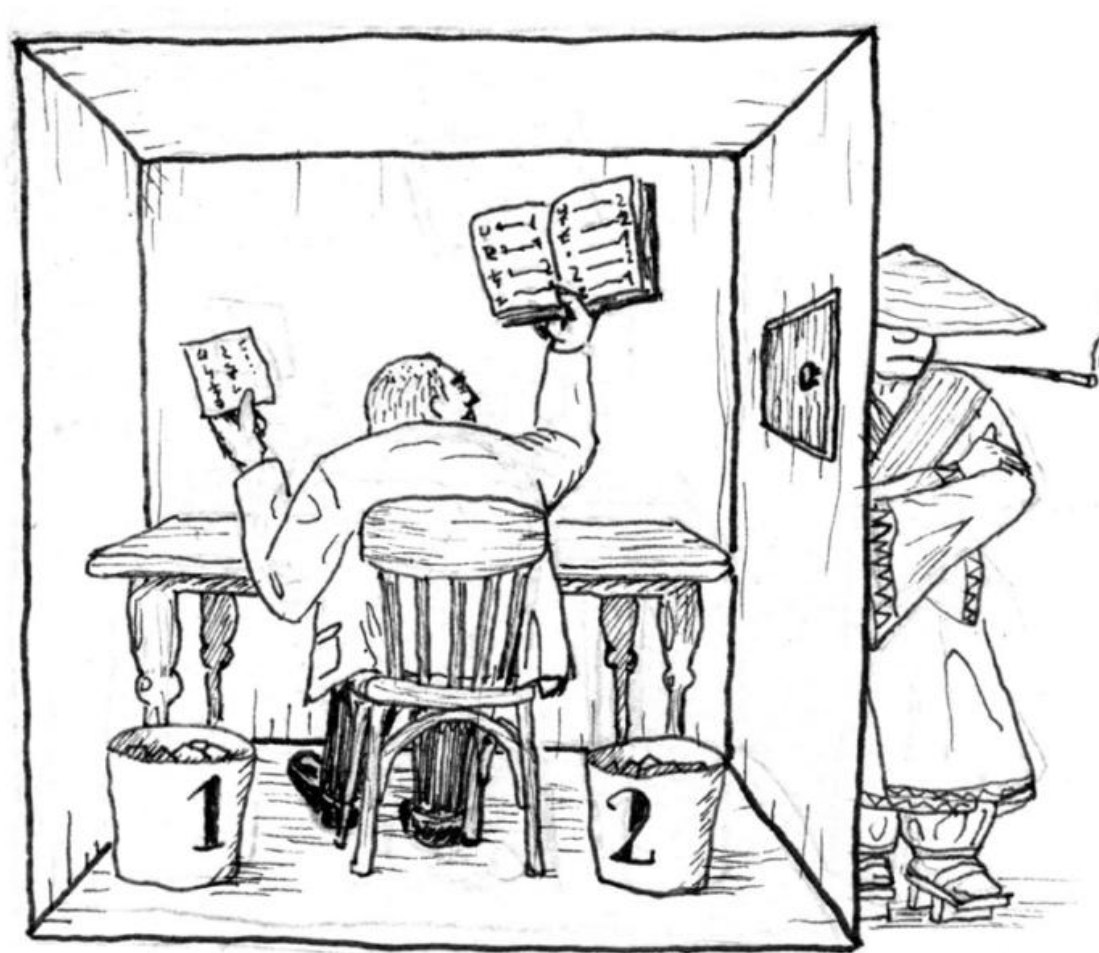
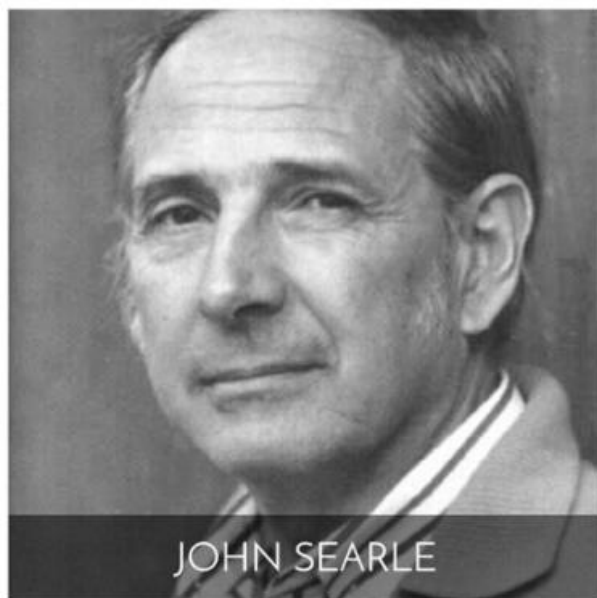
Может быть ИИ не нужен?

Почему сейчас высок интерес к интеллектуальным цифровым технологиям?

Тест Тьюринга



Китайская комната



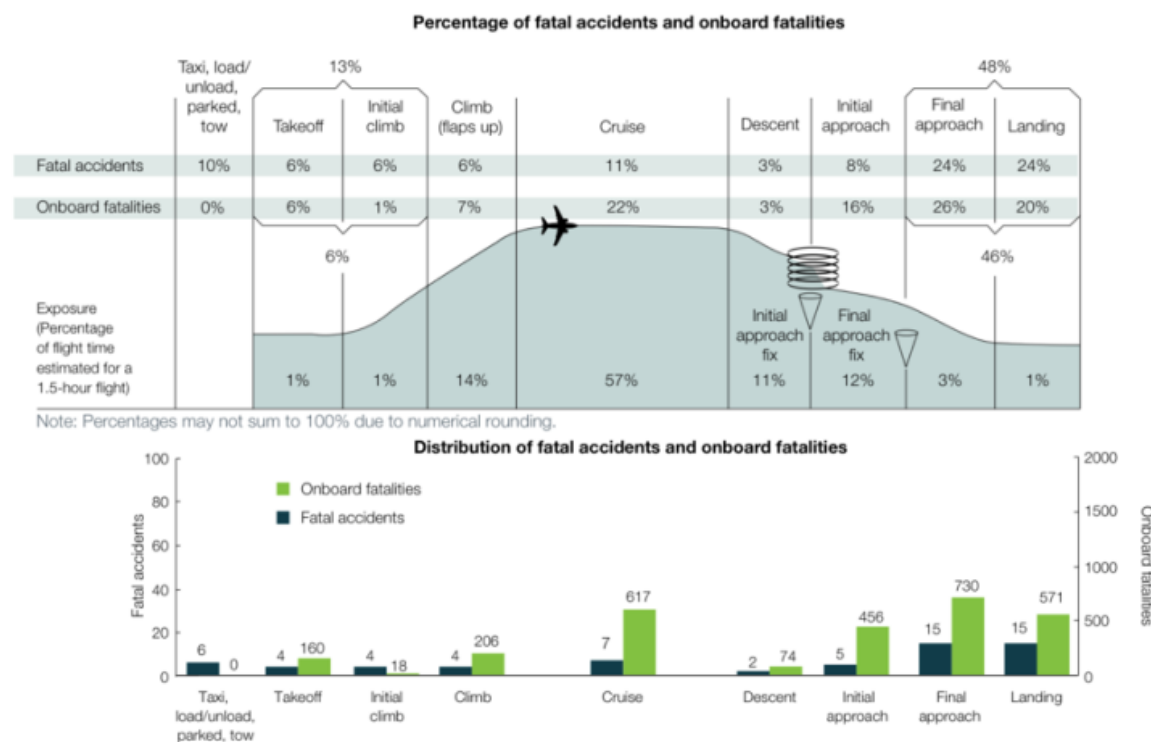
Экспертные системы

Экспертная система — компьютерная система, способная частично заменить специалиста-эксперта.



Fatal Accidents and Onboard Fatalities by Phase of Flight

Fatal Accidents | Worldwide Commercial Jet Fleet | 2007 through 2016



20 | 2016 STATISTICAL SUMMARY, JULY 2017

Copyright © 2017 Boeing. All rights reserved.

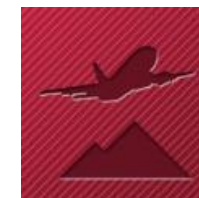
37% произошедших
с 2007 по 2016
авиационных инцидентов
и катастроф
приходится на этапы
взлета и посадки *

* Согласно Boeing "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents -2016 | Worldwide Operations"

Введение

Расчет ВПХ автоматизирован для иностранных ВС

Для расчетов ВПХ на ВС иностранного производства (Boeing, Airbus) широкое распространение получили специализированные программные приложения, работающие на базе электронного планшета летчика

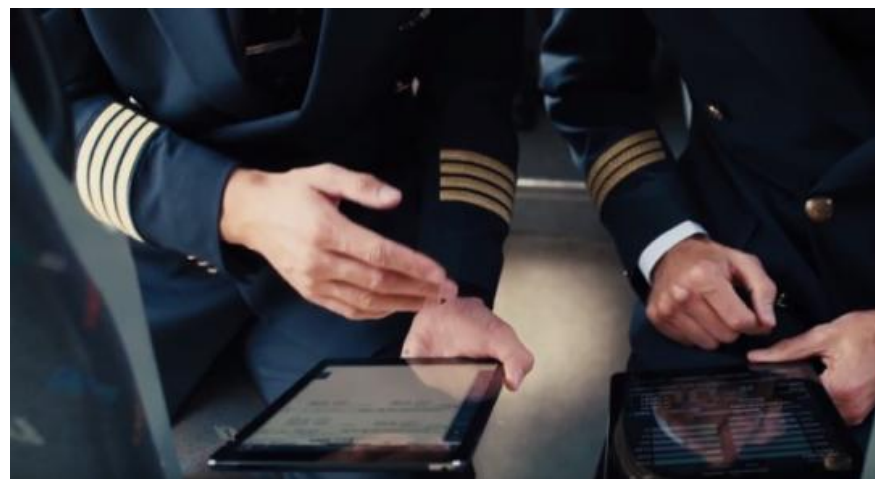


Аппаратная платформа

Классификация EFB



Встроенные

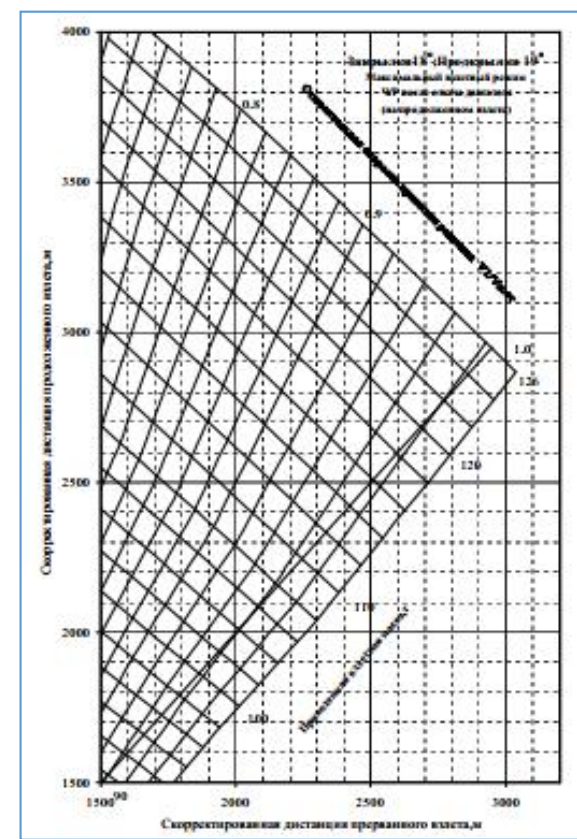
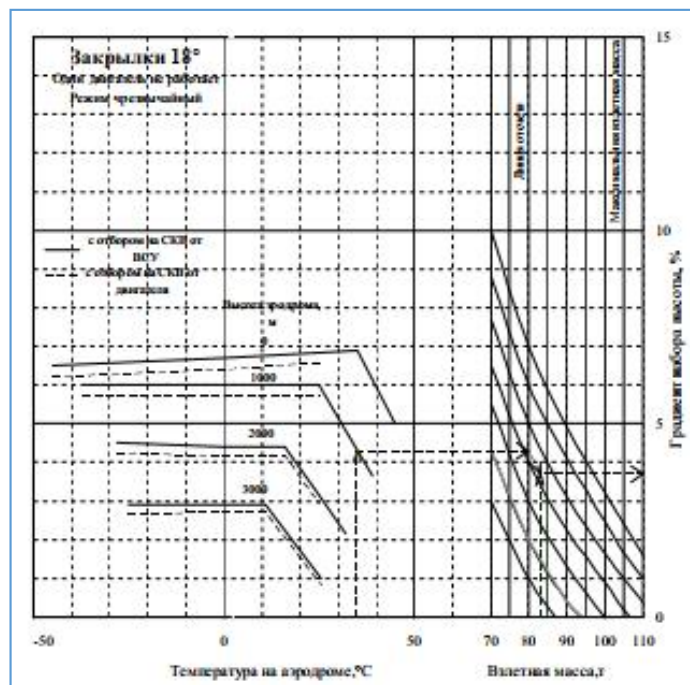
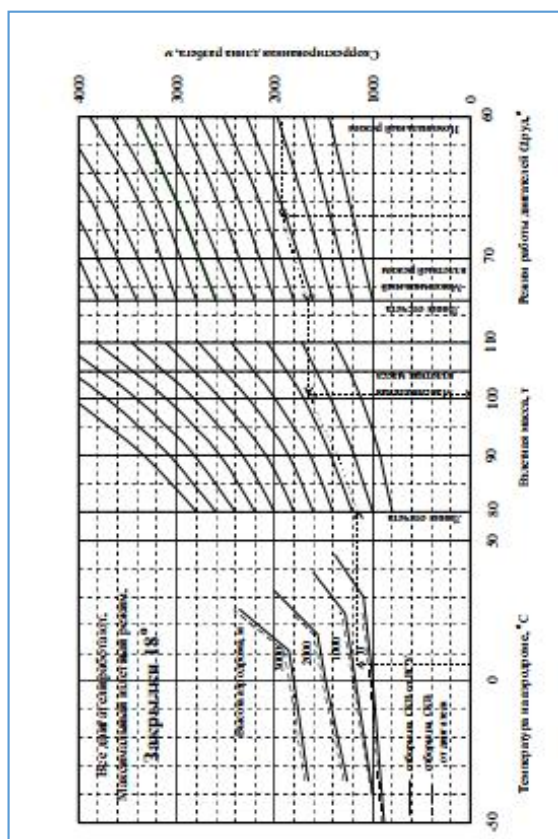


Переносные

Наиболее перспективными являются EFB переносного типа, аппаратно представляющие собой планшетный компьютер.

Расчет ВПХ для отечественных ВС

Пилоты отечественных ВС перед каждым полетом производят определение ВПХ вручную в соответствии с номограммами зависимостей ВПХ, приведенных в руководстве по лётной эксплуатации (РЛЭ) воздушного судна. Штатное бортовое оборудование не позволяет выполнять расчет ВПХ.



EFB – экспертная система?

-

База знаний

- База знаний — база данных, содержащая правила вывода и информацию о человеческом опыте и знаниях в некоторой предметной области
- Важнейшей частью экспертной системы являются базы знаний как модели поведения экспертов в определённой области знаний с использованием процедур логического вывода и принятия решений, иными словами, базы знаний — совокупность фактов и правил логического вывода в выбранной предметной области деятельности.

Реализация

Интерфейс ПО

Выберите ВС Выберите Аэропорт и ВПП Обновить БД аэропортов

Выберите ВС

- Ty-204-100B
- MC-21
- Sukhoi Superjet 100
- Ил-96-300
- Як-42Д

Данные по аэродрому

TORA: 0 ASDA: 0

Скор. ветра: 0 Heading: 0

Фактические эксплуатационные условия Загрузить фактическую погоду

Слой осадков отсутствует Снег 3-12мм Мокрый снег Снег 10-50мм сухой

Козф. сцепл.: 0.6 OAT: 20 QNH: 1016

Скор. ветра: 3 Направление ветра: 280 Масса ВС: 99116

РАСЧЕТ ВЗЛЕТА РАСЧЕТ ПОСАДКИ

Ty-204-100B UUWW01 Обновить БД аэропортов

Данные по аэродрому

TORA: 3060.0 TODA: 3210.0 ASDA: 3060.0

Elevation: 192.9 Slope: 0.01 Heading: 13.0

Фактические эксплуатационные условия Загрузить фактическую погоду

Слой осадков отсутствует Снег 3-12мм Мокрый снег Снег 10-50мм сухой

Козф. сцепл.: 0.6 OAT: 20 QNH: 1016

Скор. ветра: 3 Направление ветра: 280 Масса ВС: 99116

Рассчитать

РАСЧЕТ ВЗЛЕТА РАСЧЕТ ПОСАДКИ

База современных цифровых технологий



Облачные модели обслуживания

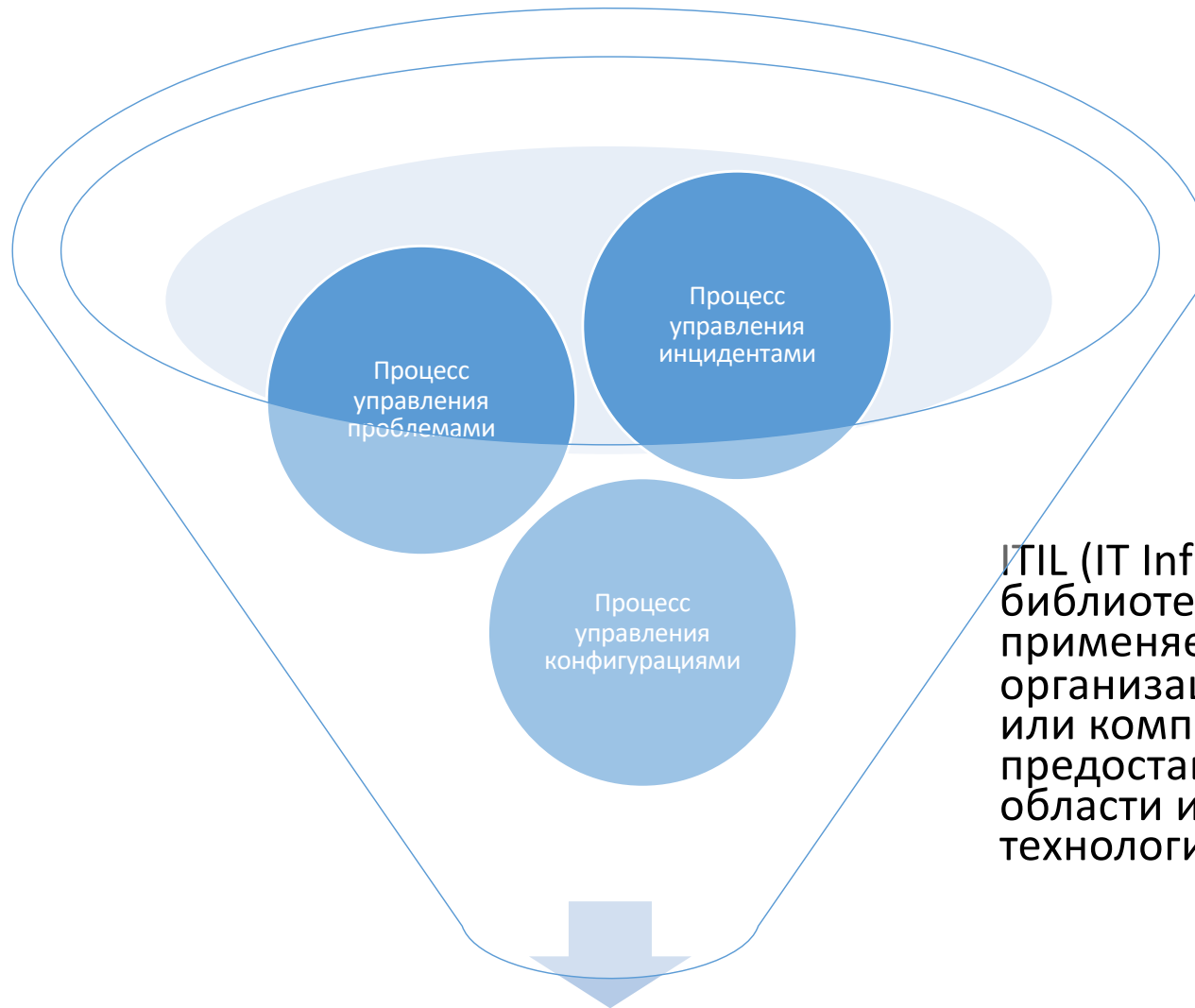


SaaS (software as a service) — заказчику предоставляется прикладное программное обеспечение, полностью обслуживаемое провайдером.

PaaS (Platform as a Service) — потребитель получает доступ к использованию информационно-технологических платформ: операционных систем, систем управления базами данных, связующему программному обеспечению.

IaaS (Infrastructure-as-a-Service) — заказчикам предоставляются фундаментальные информационно-технологические ресурсы — виртуальные серверы с заданной вычислительной мощностью, операционной системой.

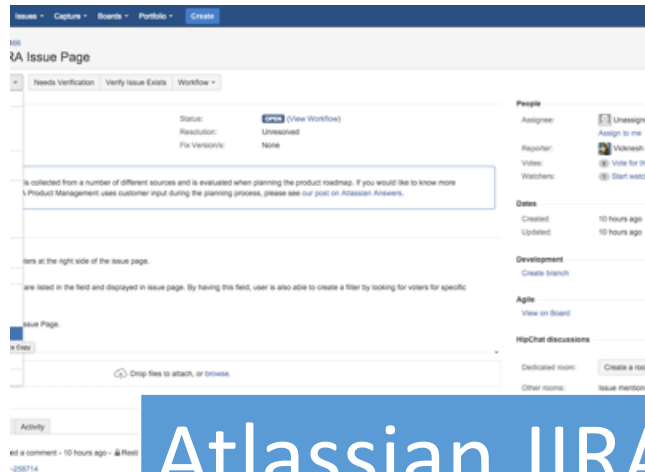
Качество цифровых технологий



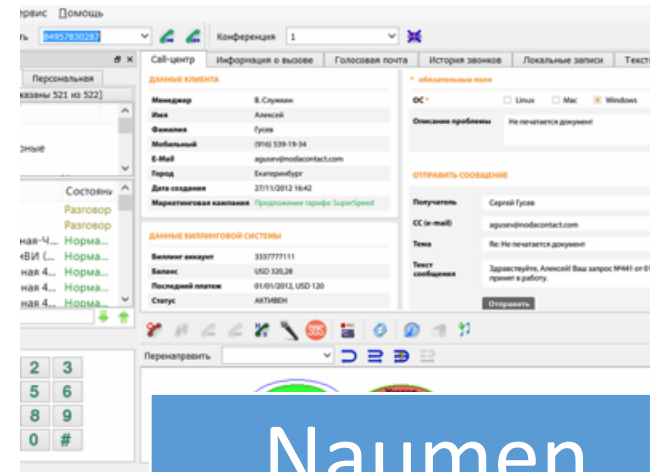
ITIL (IT Infrastructure Library) — библиотека, описывающая лучшие из применяемых на практике способы организации работы подразделений или компаний, занимающихся предоставлением услуг в области информационных технологий.

IT Service Management (ITSM)

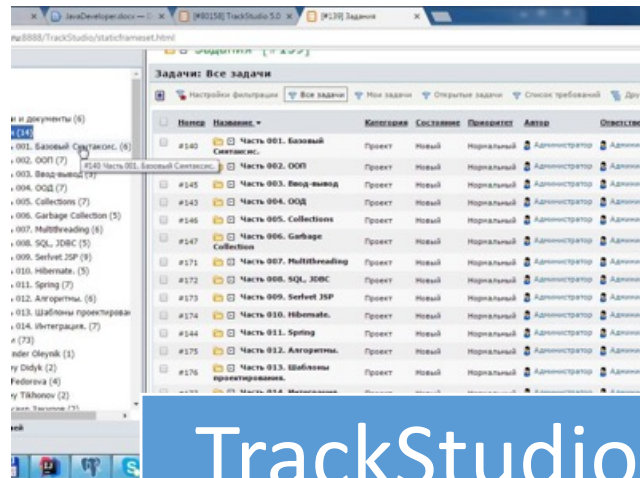
ПО обеспечения качества



Atlassian JIRA



Naumen



TrackStudio

Диаграмма состояний задачи на разработку ПО

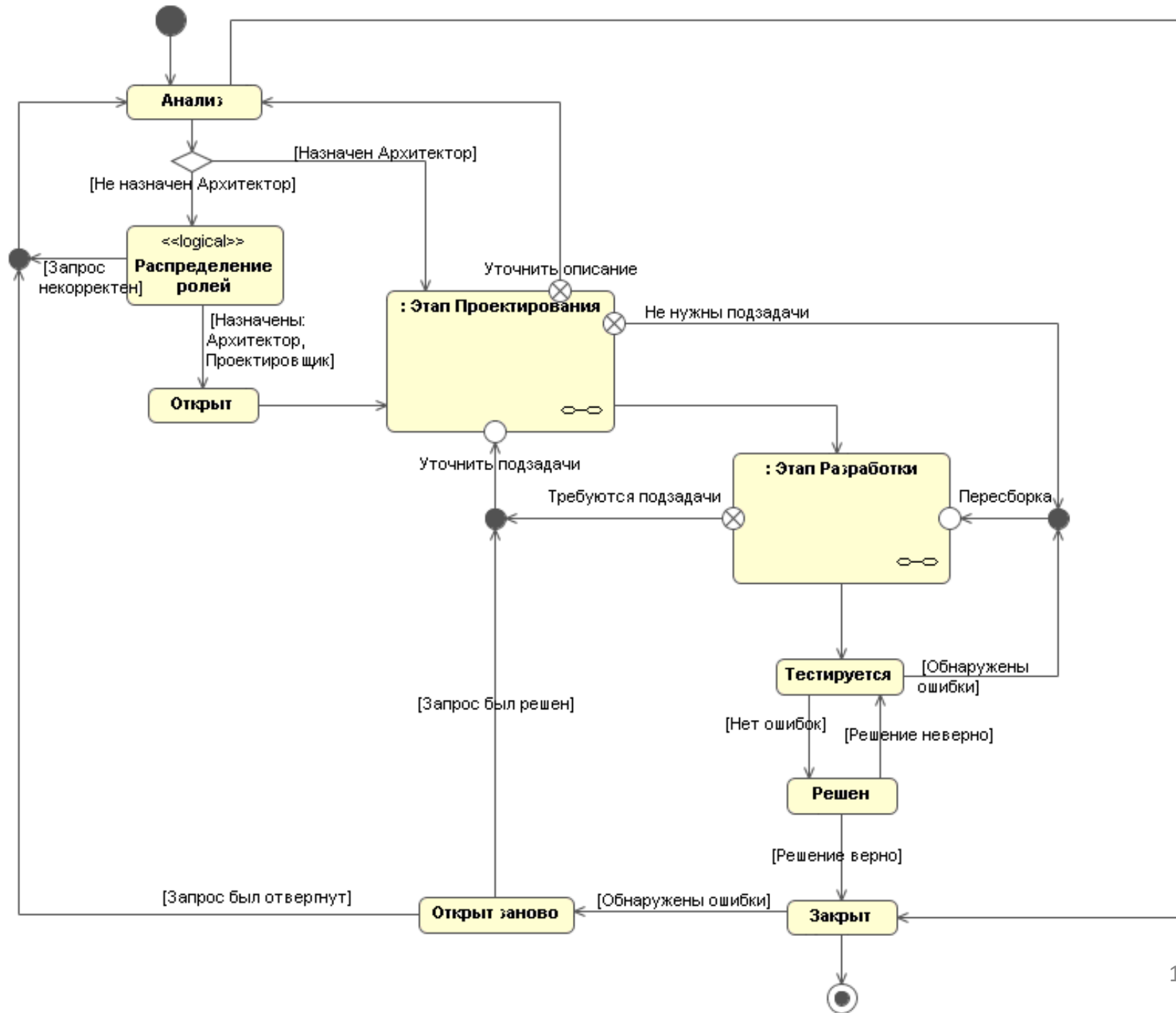
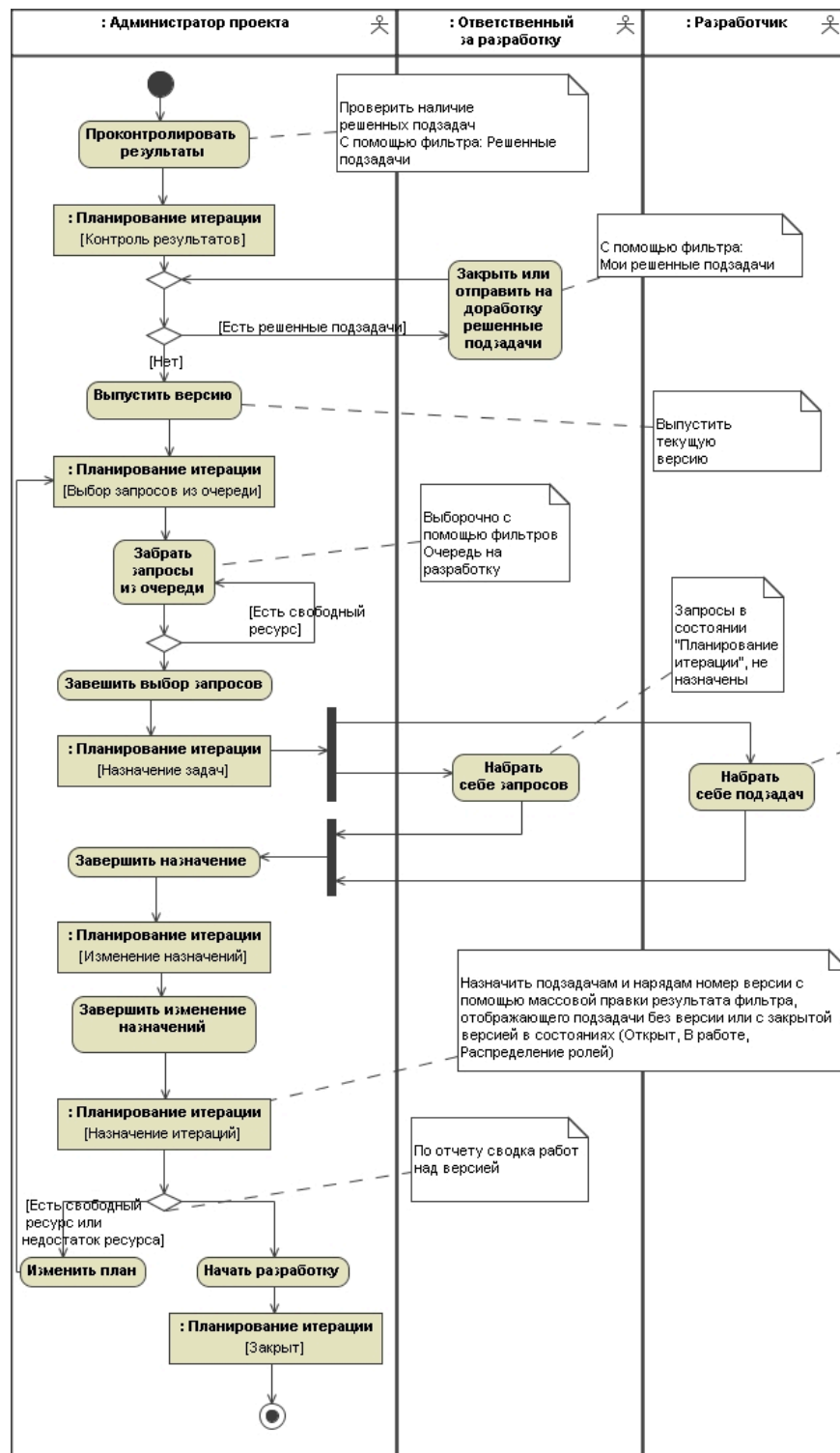


Диаграмма планирования итераций



Работа с системой мониторинга разработки ПО



UNACTJIRA

Настройка: Вкл | Выкл | Управление Порталом

SQL Server Reporting Services
Корневая папка > JIRA >
Выполненные работы за период

Искать: Перейти

Просмотр | Свойства | Журнал | Подписки

Создать подписку

Нач. дата: 27.08.2007 Кон. дата: 30.08.2007

Исполнитель: Посадский Алексей

Просмотр отчета

Выполненные работы за период с 27.08.2007 по 30.08.2007
Исполнитель: Посадский Алексей

Название	Закрыто	Оценка (час.)	Потрач. (час.)	В текущем (час.)	До тек. (час.)	Оценка прот-тирования (час.)	Оценка для зп (час.)	к для	Кол-во	изм. баз.	ЗП
Сделать скрипты на добавление полей в БД	28.08.2007	1.00	0.50	0.50		1.00	1.00				
Добавить новый тип контракта	28.08.2007	2.00	3.00	3.00		2.00	2.00				
Итого		3.00	3.50	3.50		3.00	3.00				

test (TST)	Заявки (SUPPLY)
Поддержка (SUPPORT)	Разработка ПО (DEV)

бражено 10 из 15)

ии расходов по кассе как денег в пути

О

ники либо подотделы

са

ассовые ошибки избыточных данных

трактам"

платежи"

оварная накладная с ценами из прайс-листа JTP"

Работать над проблемой:

Сохраненные фильтры (Создать новый Управление фильтрами)	
DEV: 01: открыты заново	0
DEV: 02: открыты но не назначены	0
DEV: 02N: Наряды не назначены	0
DEV: 03: Открыты	4
DEV: 04A: Постановка задачи из очереди A	0
DEV: 04B: Постановка задачи из очереди B	1
DEV: 05: Постановка подзадач	5
DEV: 06A: Очередь на разработку A	37
DEV: 06B: Очередь на разработку B	63
DEV: 07: Текущие разработки	21
DEV: 08: Сборка версии	11
DEV: Анализ версий	0
DEV: Анализ ошибок	0
DEV: Все решенные подзадачи	7
DEV: Запросы распределенные	0
DEV: На утверждении	0
DEV: Наряды для переноса	0
DEV: Нерешенные запросы	129

ProClarity Desktop Professional

File View Navigate My Views Book Tools Help

Back Forward Reset Apply Setup Timeline View Sort Filter Wizard Decomp Analytics Server

Setup Panel

Hierarchies Select Items

All Hierarchies

- Measures
- Иерархия версий
- Иерархия отделов
- Навык
- Очередь
- План
- Приоритет
- Проект
- Статус новый.Статус
- Статус старый.Статус
- Тип запроса

Rows

Версия Иерархия версий - 07/1, 07/2, 07/3, 07/4, 07/5

Люди Иерархия отделов - Children of Отдел разработки

Columns

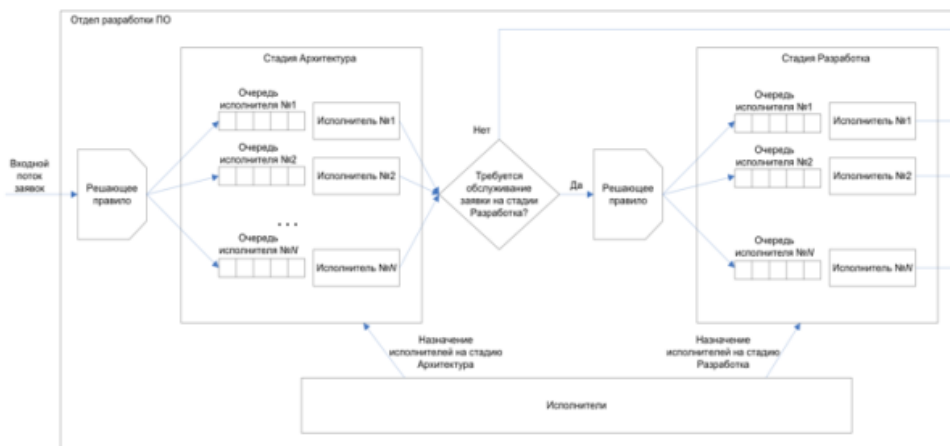
План - Children of Все

Background

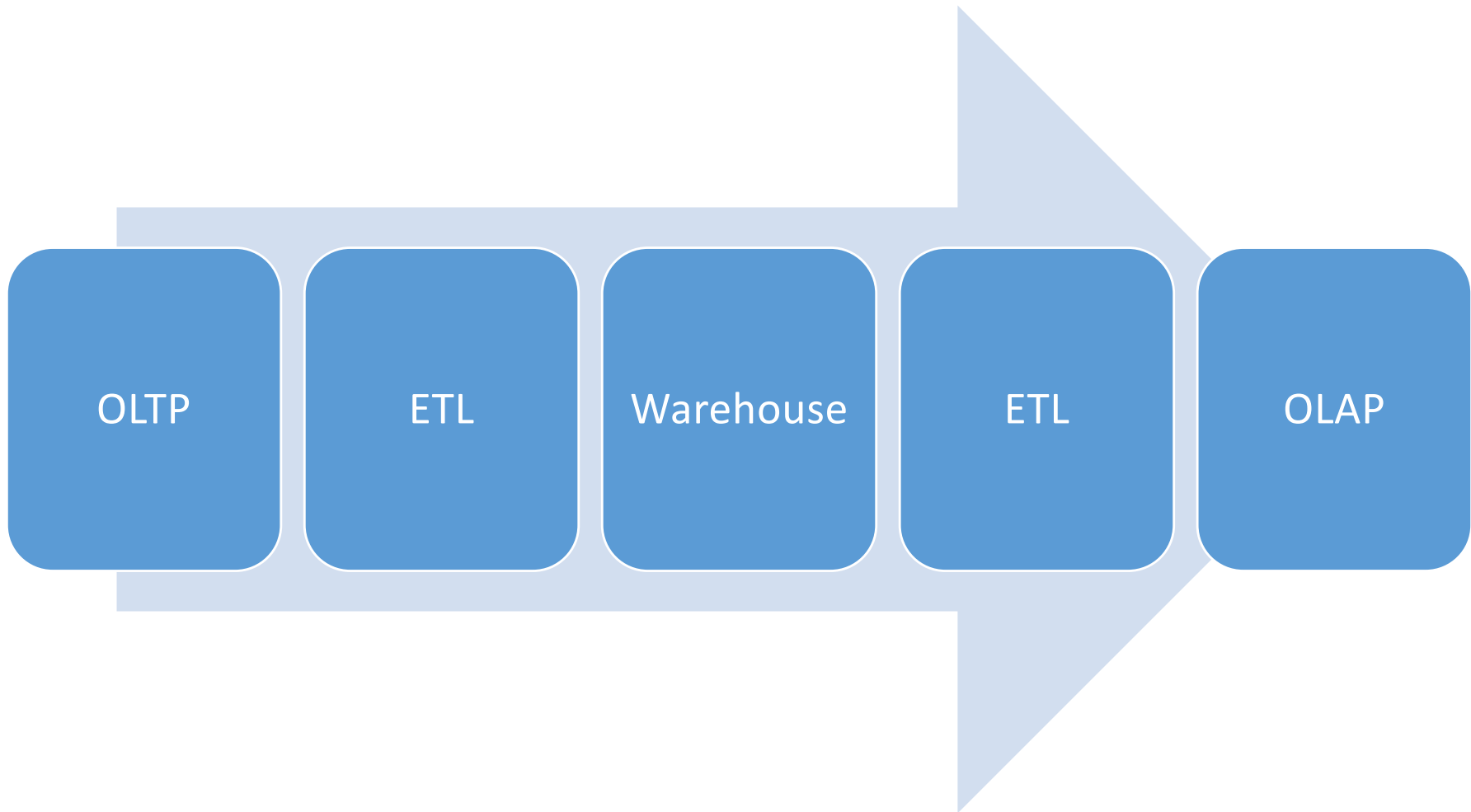
Measures - Потрачено

	Вне плана	Запланировано
07/1 Вертягин Александр		0
Калинин Павел	13.17	9.52
Леонов Юрий	3.54	1
Посадский Алексей	0.5	22.92
07/2 Вертягин Александр		0
Калинин Павел	17.5	6.5
Леонов Юрий	5.06	3
Посадский Алексей	6.66	26.34
07/3 Вертягин Александр	5.5	14.25
Калинин Павел	8.5	15.17
Леонов Юрий	4.5	9.02
Посадский Алексей	0.83	23.91
07/4 Вертягин Александр	5.54	16.81
Калинин Павел	14.5	5
Леонов Юрий	1.02	0
Посадский Алексей	0.83	22.16
Судаков Владимир	6	
07/5 Вертягин Александр	32.77	0
Калинин Павел	22	0
Леонов Юрий	0.25	0
Посадский Алексей	30.17	0

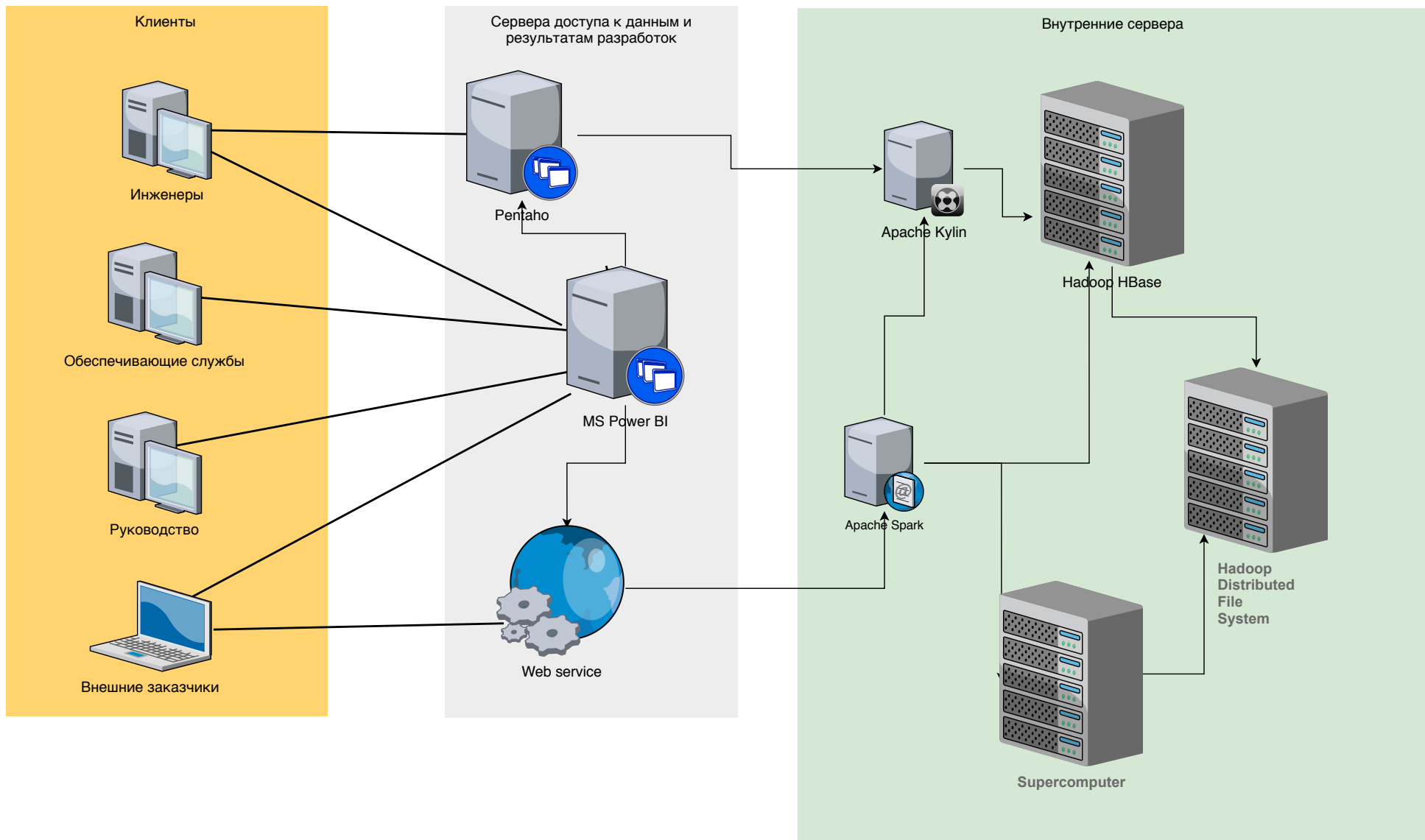
21



Типовой процесс обработки информации



Архитектура аналитической платформы



OLAP. Определение

OLAP – это технология обработки данных, заключающаяся в подготовке агрегированной информации на основе больших массивов данных, структурированных по многомерному принципу.

Реализации технологии OLAP являются компонентами программных решений класса Business Intelligence (BI)

FASMI test

- Fast
- Analysis
- Shared
- Multidimensional
- Information

Машинное обучение

- Классификация, выполняется с помощью обучения с учителем на этапе обучения.
- Кластеризация, выполняется с помощью обучения без учителя
- Регрессия, выполняется с помощью обучения с учителем на этапе тестирования, является частным случаем задач прогнозирования.
- Понижение размерности данных выполняется с помощью обучения без учителя

Теорема Байеса для классификации

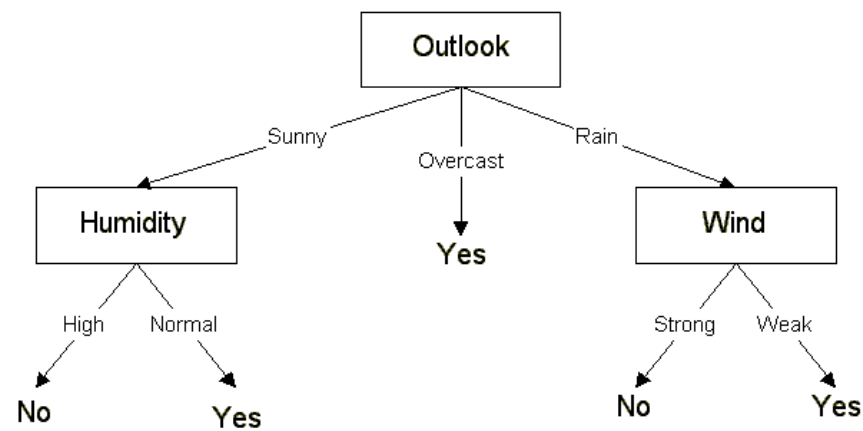
$$p(C \mid F_1, \dots, F_n) = \frac{p(C) p(F_1, \dots, F_n \mid C)}{p(F_1, \dots, F_n)}$$

$$\begin{aligned} p(C, F_1, \dots, F_n) &= p(C) p(F_1 \mid C) p(F_2 \mid C) p(F_3 \mid C) \cdot \dots \cdot p(F_n \mid C) = \\ &= p(C) \prod_{i=1}^n p(F_i \mid C). \end{aligned}$$

$$\text{classify}(f_1, \dots, f_n) = \arg \max_c p(C = c) \prod_{i=1}^n p(F_i = f_i \mid C = c)$$

Метод позволяет работать с малыми выборками

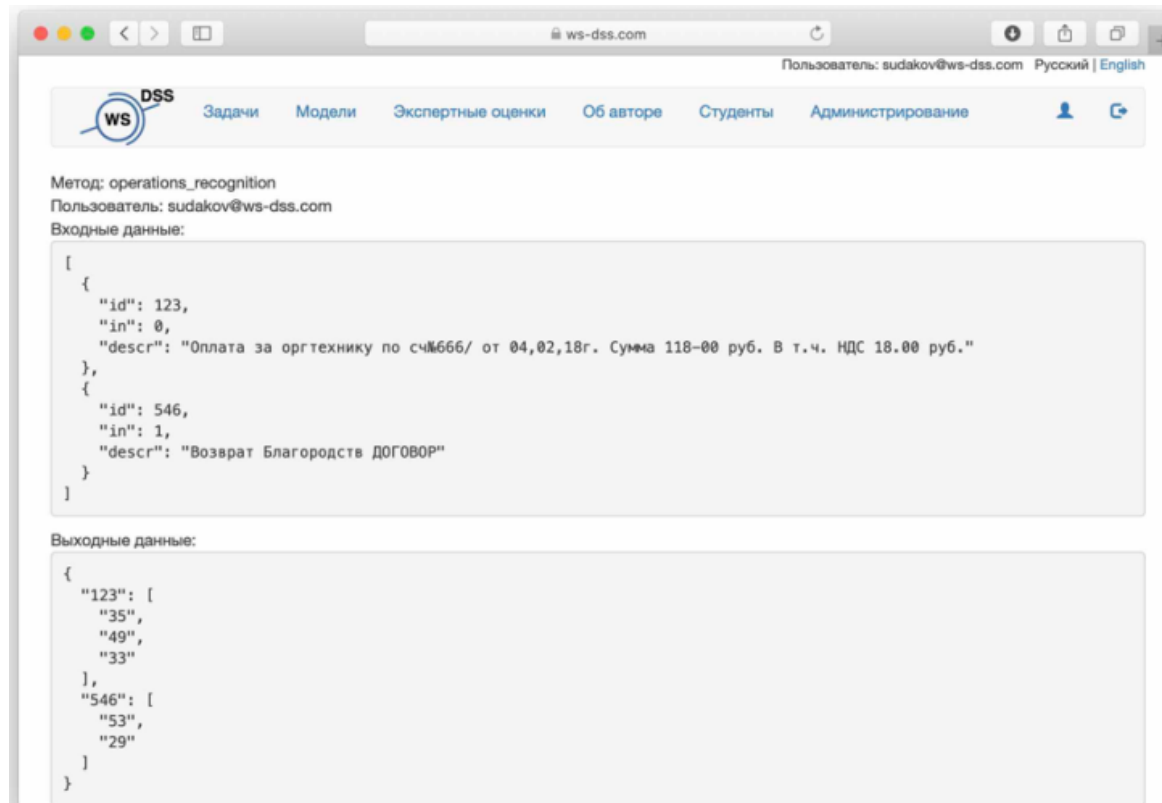
Дерево решений и алгоритм ID3



Интеллектуальный анализ текстов

Распознавание хозяйственных операций предприятия. Алгоритм:

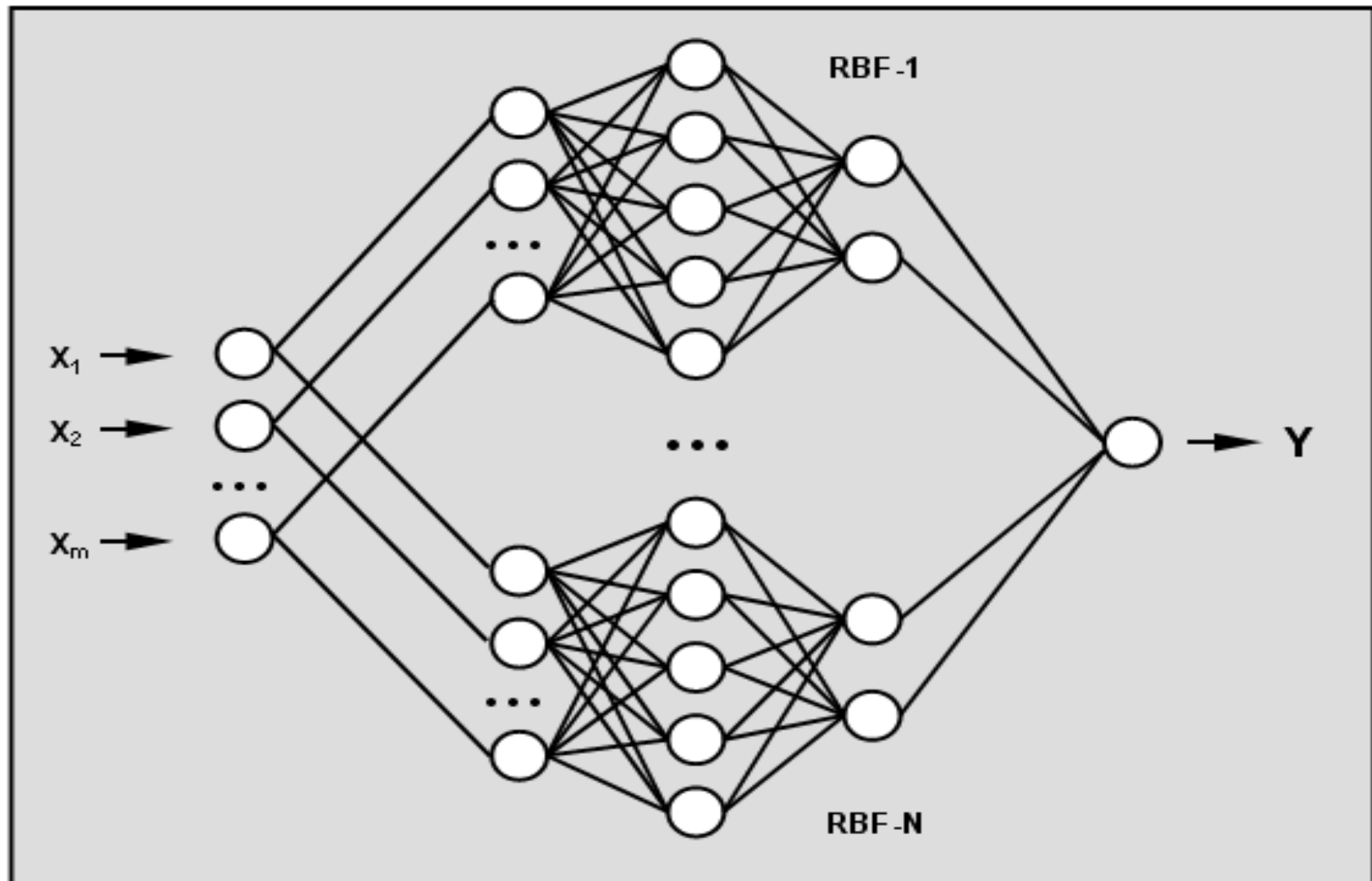
- Стемминг текста
- Составление вектора признаков
- Машинное обучение....



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'ws-dss.com'. The page header includes a logo with 'DSS' and 'WS' and a navigation menu with links: 'Задачи', 'Модели', 'Экспертные оценки', 'Об авторе', 'Студенты', and 'Администрирование'. The user is logged in as 'sudakov@ws-dss.com' with language options for 'Русский' and 'English'. The main content area shows the method 'operations_recognition' and the user 'sudakov@ws-dss.com'. Under 'Входные данные:' (Input data:), there is a JSON array of two objects. The first object has 'id': 123, 'in': 0, and a description about payment for orgtech. The second object has 'id': 546, 'in': 1, and a description about return of nobility. Under 'Выходные данные:' (Output data:), there is a JSON object with two keys: '123' and '546', each containing an array of numbers.

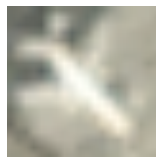
```
Метод: operations_recognition
Пользователь: sudakov@ws-dss.com
Входные данные:
[
  {
    "id": 123,
    "in": 0,
    "descr": "Оплата за оргтехнику по счМ666/ от 04,02,18г. Сумма 118-00 руб. В т.ч. НДС 18.00 руб."
  },
  {
    "id": 546,
    "in": 1,
    "descr": "Возврат Благородств ДОГОВОР"
  }
]
Выходные данные:
{
  "123": [
    "35",
    "49",
    "33"
  ],
  "546": [
    "53",
    "29"
  ]
}
```

Глубокое обучение и нейронные сети



Распознавание образов

- Есть ли на снимке самолет?



Где брать обучающую выборку?

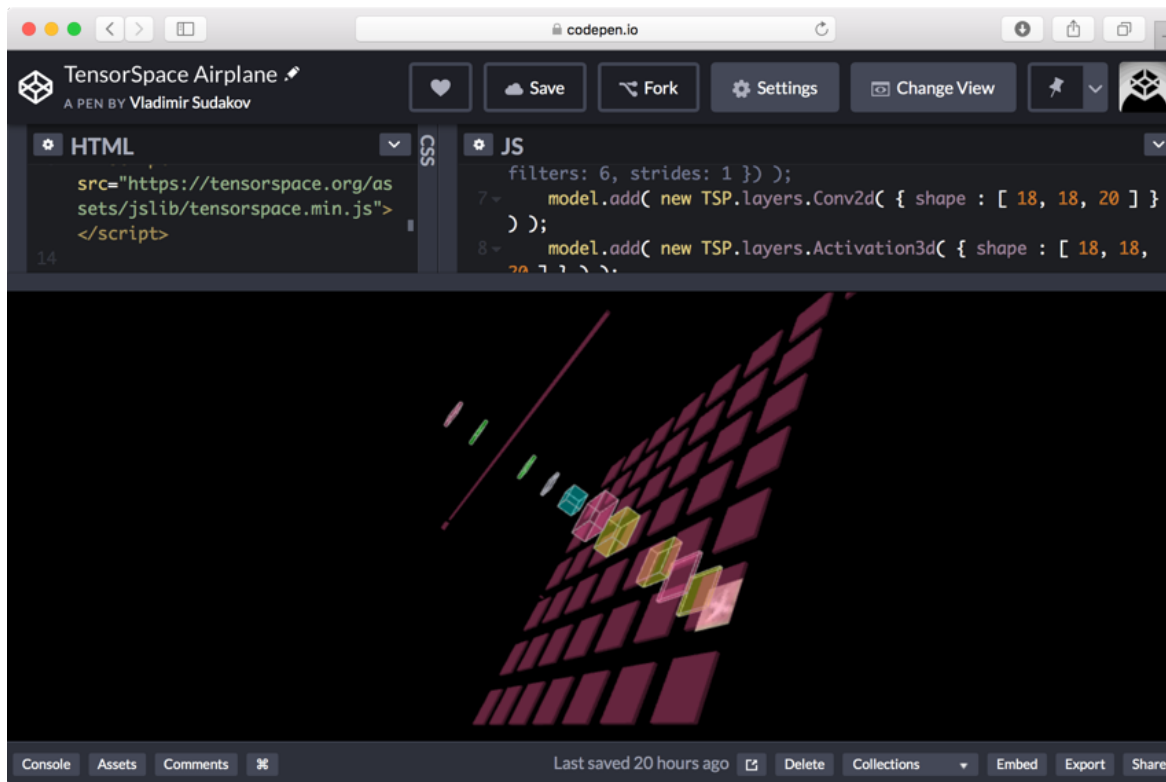
<https://www.kaggle.com/rhammell/planesnet>

На этом сайте можно зарабатывать

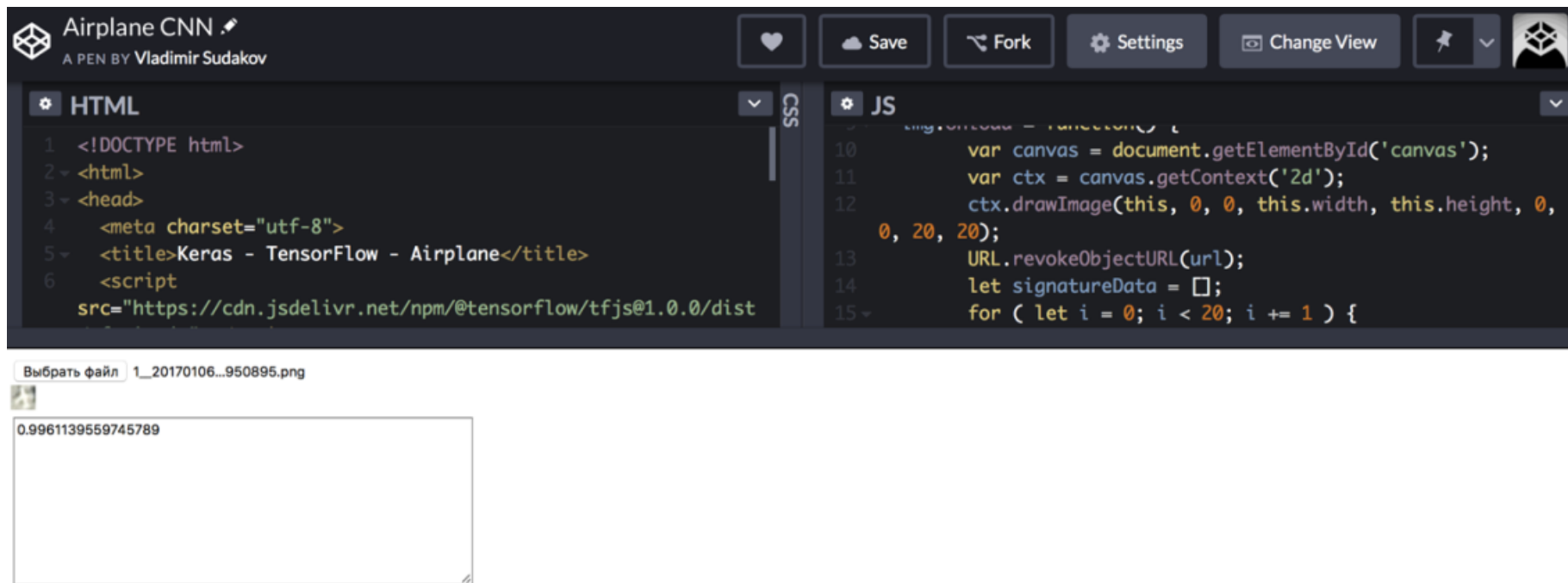
Какую нейронную сеть использовать?

Сверточная нейронная сеть

Визуализация модели в TensorSpace



Использование модели на JS



Определение СППР

- СППР (DSS) – автоматизированная система, которая *помогает* лицам, принимающим решения (ЛПР), использовать данные и модели, чтобы решать *слабоструктурированные и неструктурированные* проблемы.
- Слабоструктурированные проблемы – это проблемы, которые содержат как количественные так и качественные переменные. Причем качественные аспекты проблемы имеют тенденцию доминировать.
- СППР и экспертная система не одно и тоже!

Предварительные шаги

- Проанализировать текущую ситуацию (предпроектное исследование, мониторинг, онтология предметной области)
- Определить цели
- Как определить степень достижения цели?
- Критерий (др.-греч. κριτήριον — способность различения, средство суждения, мерило) — признак, основание, правило принятия решения по оценке чего-либо на соответствие предъявленным требованиям.

Критерии

- Критерий – позволяет оценить степень достижения цели/целей

Отношение критерий-цели – многие-ко-многим

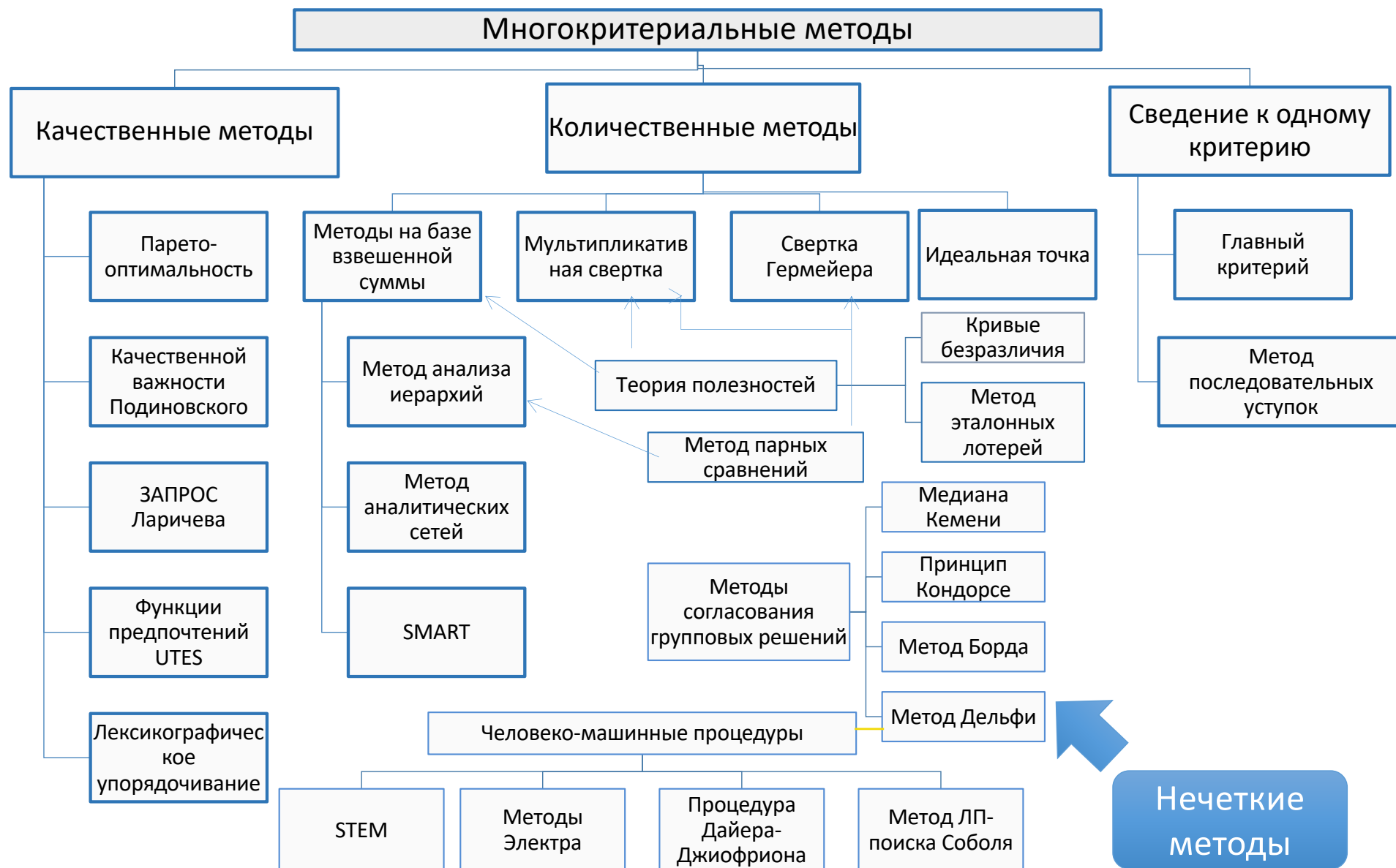
Различают задачи:

- Однокритериальные – решать проще
- Многокритериальные – решать сложнее

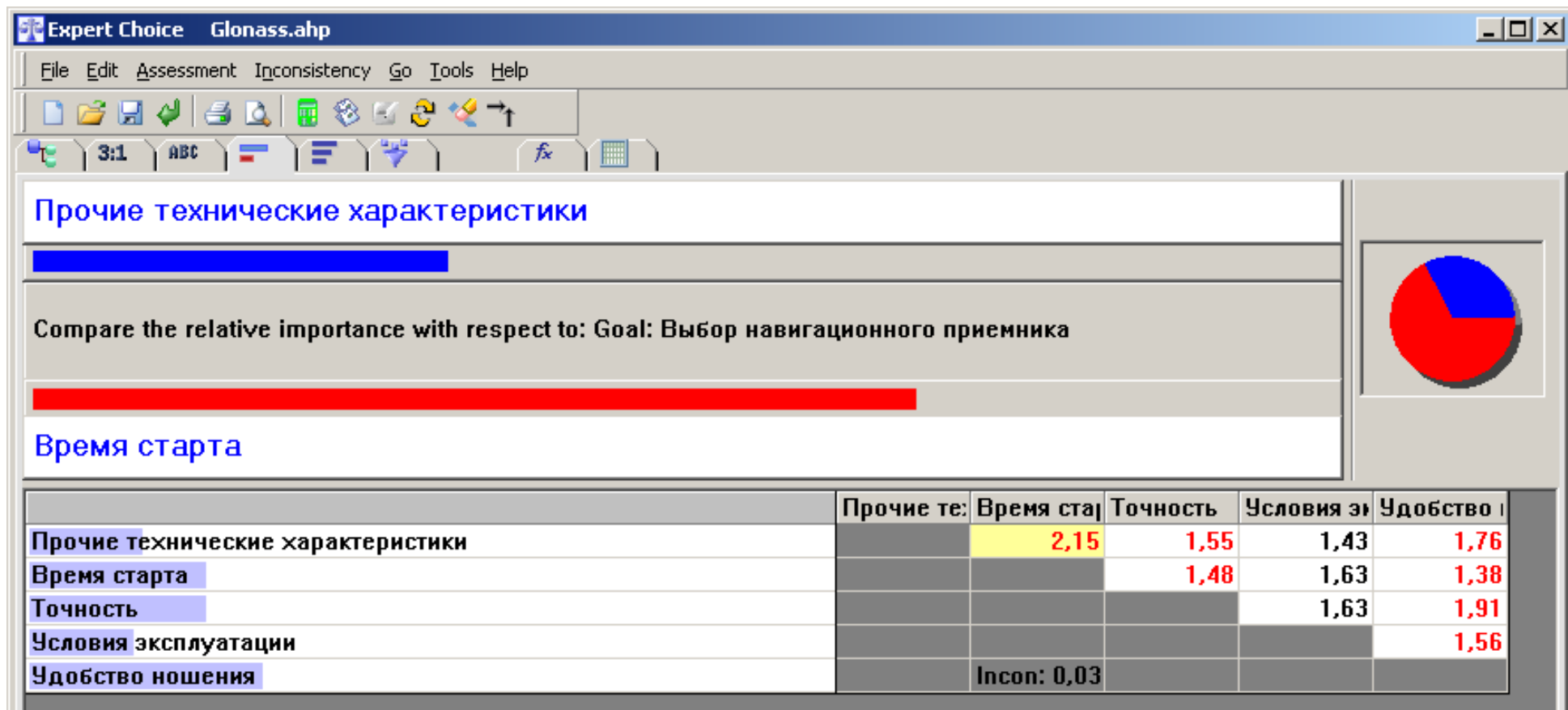
Требования к критериям

- Полнота – набор критериев должен охватывать все существенные аспекты решаемой задачи.
- Действенность – набор критериев может быть с пользой применен при анализе задачи.
- Разложимость – набор критериев можно разбить на части, чтобы упростить решаемую задачу.
- Не избыточность – критерии не должны дублировать одни и те же аспекты решаемой задачи.
- Минимальность – векторный критерий должен иметь по возможности минимальную размерность.

Методы поддержки решений



Пример парных сравнений



Функция предпочтений

ФП

Значение

Очень хорошо



Фиксируемые показатели

Наименование	Значение
Показатель 3	Отлично

Изменить значение фиксированного показателя

Показатель 3

Отлично

Ось X

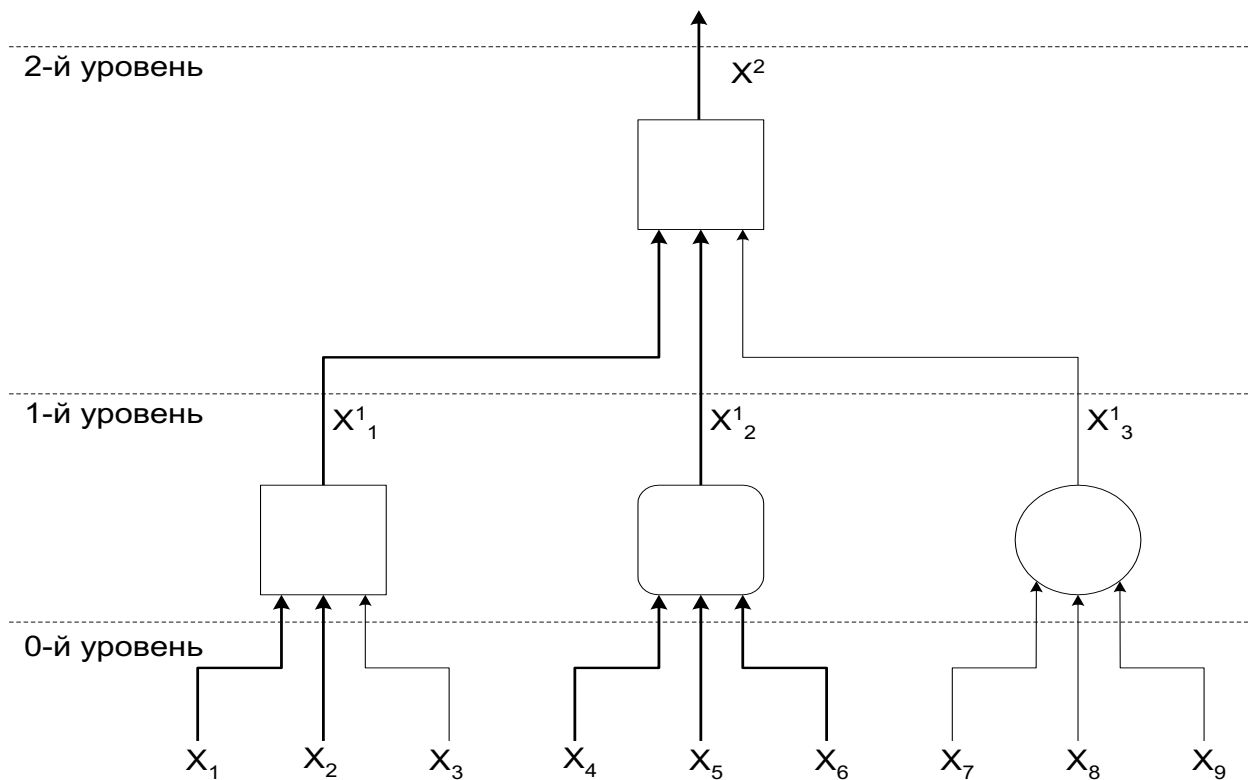
Показатель 1

Ось Y

Показатель 2

	Недопус-	Плохо	Удовлетв	Хорошо	Отлично
Недопустимо					
Плохо					
Удовлетворит					
Хорошо					
Отлично					

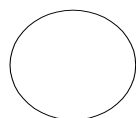
Агрегирование критериев



- свертка по зависимым предпочтениям



- свертка по независимым предпочтениям



- взвешенная сумма



- числовой показатель

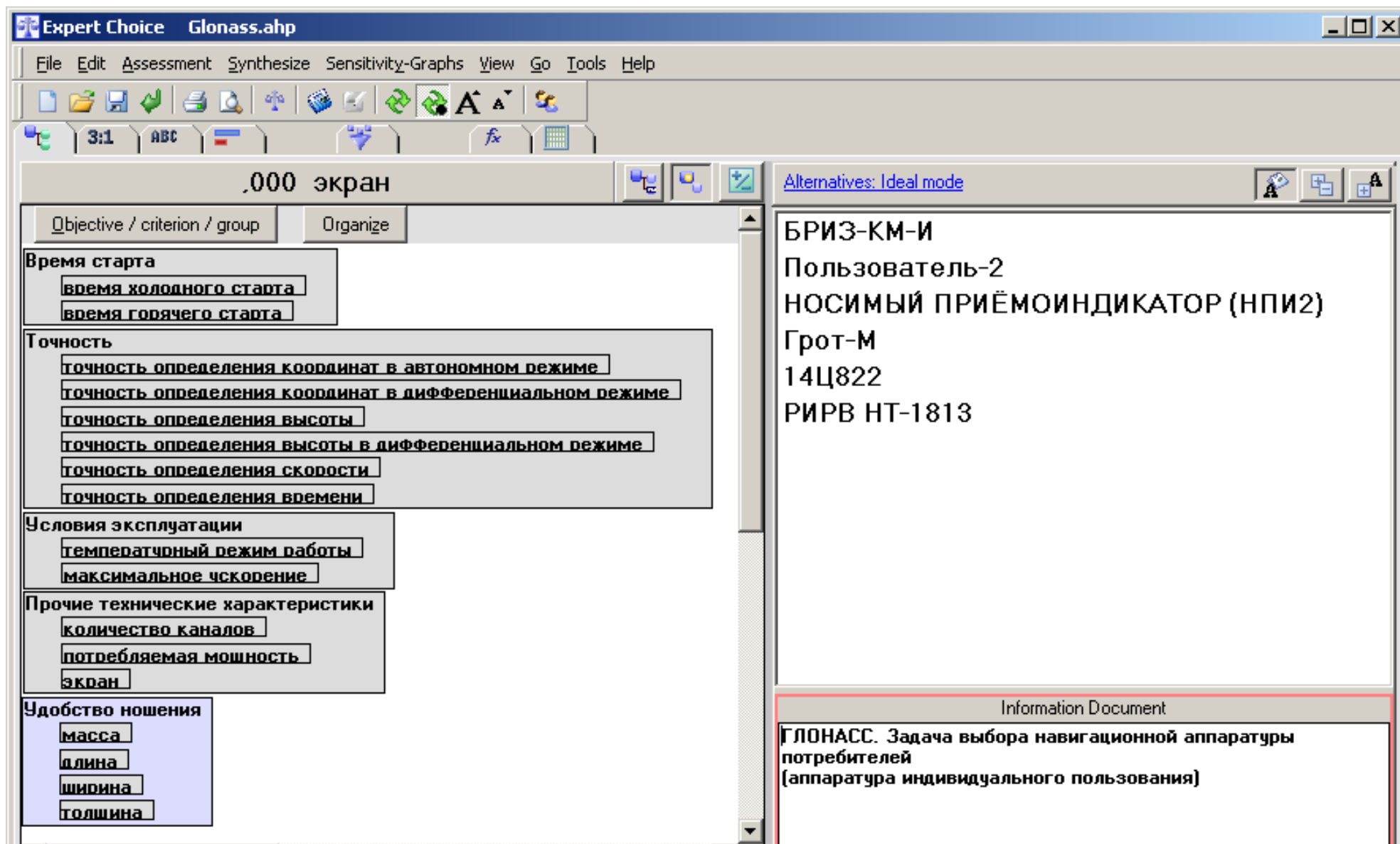


- лексический показатель

СППР оболочки

- Expert Choice
- Super Decisions
- Criterium Decision Plus
- Decision Lens
- ИАС “ОЦЕНКА и ВЫБОР”
- «Быстрый прототип»
- DASS
- FEASIBLE GOALS
- ПК MOVI
- Web-HIPRE

Фрагменты интерфейсов



Фрагменты интерфейсов

The screenshot displays the Criterium DecisionPlus software interface. The main window shows a hierarchy diagram for prioritization. The hierarchy starts with 'prioritize' at the root, which branches into five main criteria: 'Status', 'market necessity', 'desirability', 'costs', and 'difficulty'. Each of these main criteria further branches into sub criteria. For example, 'market necessity' branches into 'User Demand', 'design priority', and 'bug priority'. 'desirability' branches into 'user path proximity' and 'frequency'. 'costs' branches into 'repro hours', 'testing hours', and 'develop hours'. 'difficulty' branches into 'scope', 'complexity', 'Alters Database', and 'New DA Algorithms'. The sub criteria are then evaluated against a list of records, numbered from 94 to 109. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Block, Level, Model, Results, Analysis, Window, Help) and a toolbar with icons for New, Open, Save, Print, Prev, Snap, Undo, Navig, Options, Rate, Scores, and Help. A Navigator pane on the left shows a tree view of the hierarchy. The status bar at the bottom indicates the current project is 'Hierarchy - CDP Roll Out Prioritization' and shows various status indicators like 'SMART, WEIGHTS', 'Connected', and 'Rated'.

Criterium DecisionPlus

File Edit View Block Level Model Results Analysis Window Help

New Open Save Print Prev Snap Undo Navig Options Rate Scores Help

Navigator

Hierarchy - Q:\CDP Marketing\Marketing & Mailing Materials\CDP 3.0 release...

Include feature?	main criteria	sub criteria	Feature	
	prioritize	Status	Record # 94	
		market necessity	User Demand	Record # 95
			design priority	Record # 96
			bug priority	Record # 97
		desirability	user path proximity	Record # 98
			frequency	Record # 99
		costs	repro hours	Record # 100
			testing hours	Record # 101
			develop hours	Record # 102
		difficulty	scope	Record # 103
			complexity	Record # 104
			Alters Database	Record # 105
			New DA Algorithms	Record # 106
				Record # 107
				Record # 108
				Record # 109

Kelley Bevans InfoHarvest, Inc. Hierarchy - CDP Roll Out Prioritization SMART, WEIGHTS Connected Rated 1

Фрагменты интерфейсов

Глонасс - СППР DSS-UTES 2.0

Файл Показатель Вид Помощь

Структура критерия

- Оценка приемника ГЛОНАСС
 - Точность
 - точность определения координат в автономном режиме
 - точность определения координат в дифференциальном режиме
 - точность определения высоты
 - точность определения высоты в дифференциальном режиме
 - точность определения скорости
 - точность определения времени
 - Прочие технические характеристики
 - количество каналов
 - потребляемая мощность
 - дисплей
 - температурный режим работы
 - максимальное ускорение
 - Удобство эксплуатации
 - масса
 - Время старта
 - холодный старт
 - горячий старт
 - Габариты
 - длина
 - ширина
 - высота

Показатели (кол-во:23)

Имя	О...	Тип	Исп.	Ч.град.	Метод
количество каналов	Ч...	Да			
холодный старт	Ч...	Да			
горячий старт	Ч...	Да			
точность определения координат в автономном режиме	Ч...	Да			
точность определения координат в дифференциальном режиме	Ч...	Да			
точность определения высоты	Ч...	Да			
точность определения высоты в дифференциальном режиме	Ч...	Да			
точность определения скорости	Ч...	Да			
точность определения времени	Ч...	Да			
потребляемая мощность	Ч...	Да			
температурный режим работы	Л...	Да			
максимальное ускорение	Ч...	Да			
длина	Ч...	Да			
ширина	Ч...	Да			
высота	Ч...	Да			
масса	Л...	Да			
Время старта	О...	Да			Свертка по зависимым предпочт
Точность	О...	Да			Взвешенная сумма (непосредств
Прочие технические характеристики	О...	Да			Взвешенная сумма (непосредств
дисплей	Л...	Да			
Удобство эксплуатации	О...	Да			Свертка по зависимым предпочт
Габариты	О...	Да			Взвешенная сумма (непосредств
Оценка приемника ГЛОНАСС	О...				Свертка по зависимым предпочт

Фрагменты интерфейсов

	Priority	Value	
точность определения координат в автономном режиме	0,125	0,1250	
точность определения координат в дифференциальном режиме	0,125	0,1250	
точность определения высоты	0,25	0,2500	
точность определения высоты в дифференциальном режиме	0,25	0,2500	
точность определения скорости	0,125	0,1250	
точность определения времени	0,125	0,1250	
Total	1	1,0000	

Фрагменты интерфейсов

Expert Choice Glonass.ahp

File Edit Assessment Inconsistency Go Tools Help

3:1 ABC

точность определения
координат в
автономном режиме

9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9

точность определения
координат в
дифференциальном
режиме

Compare the relative preference with respect to: Точность

	точность 0	точность 0	точность 0	точность 0	точность 0	точность 0
точность определения координат в ав		1,0				
точность определения координат в ди			2,0			
точность определения высоты				1,0		
точность определения высоты в дифф					2,0	
точность определения скорости						1,0
точность определения времени		Incon: 0,00				

47

Фрагменты интерфейсов

Expert Choice Glonass.ahp

File Edit Assessment View Go Plot Set Tools Formula Type Totals Help

Plot Covering Objective Priorities

Move ← → ↑ ↓

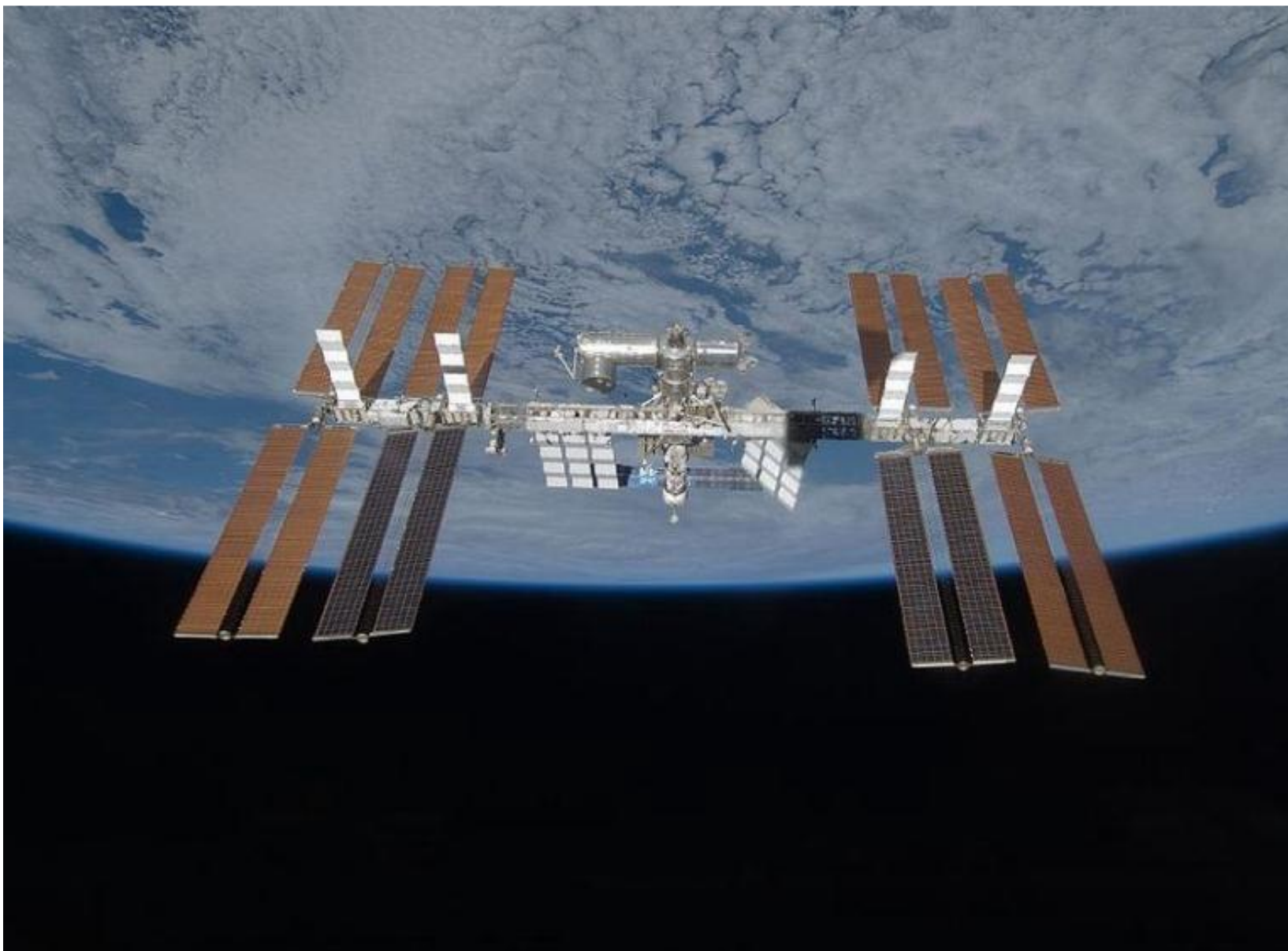
Ideal mode		PAIRWISE	PAIRWISE	INCR	DIRECT
Alternative	Total	количество каналов (L: .105)	потребляемая мощность (L: .291)	экран (L: .605)	время холодного старта (L: .373)
БРИЗ-КМ-И	.179	.987	.200	1	1
Пользователь-2	.125	.537	.600	1	0,2
НОСИМЫЙ	.149	.272	.800	23	0,3
Грот-М	.136	.575	.600	2	0,2
14Ц822	.173	1,000	1,000	1	0,5
РИРВ НТ-1813	.141	.541	.400	1	0,5

[Needs re-extraction]

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

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

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

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

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

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

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

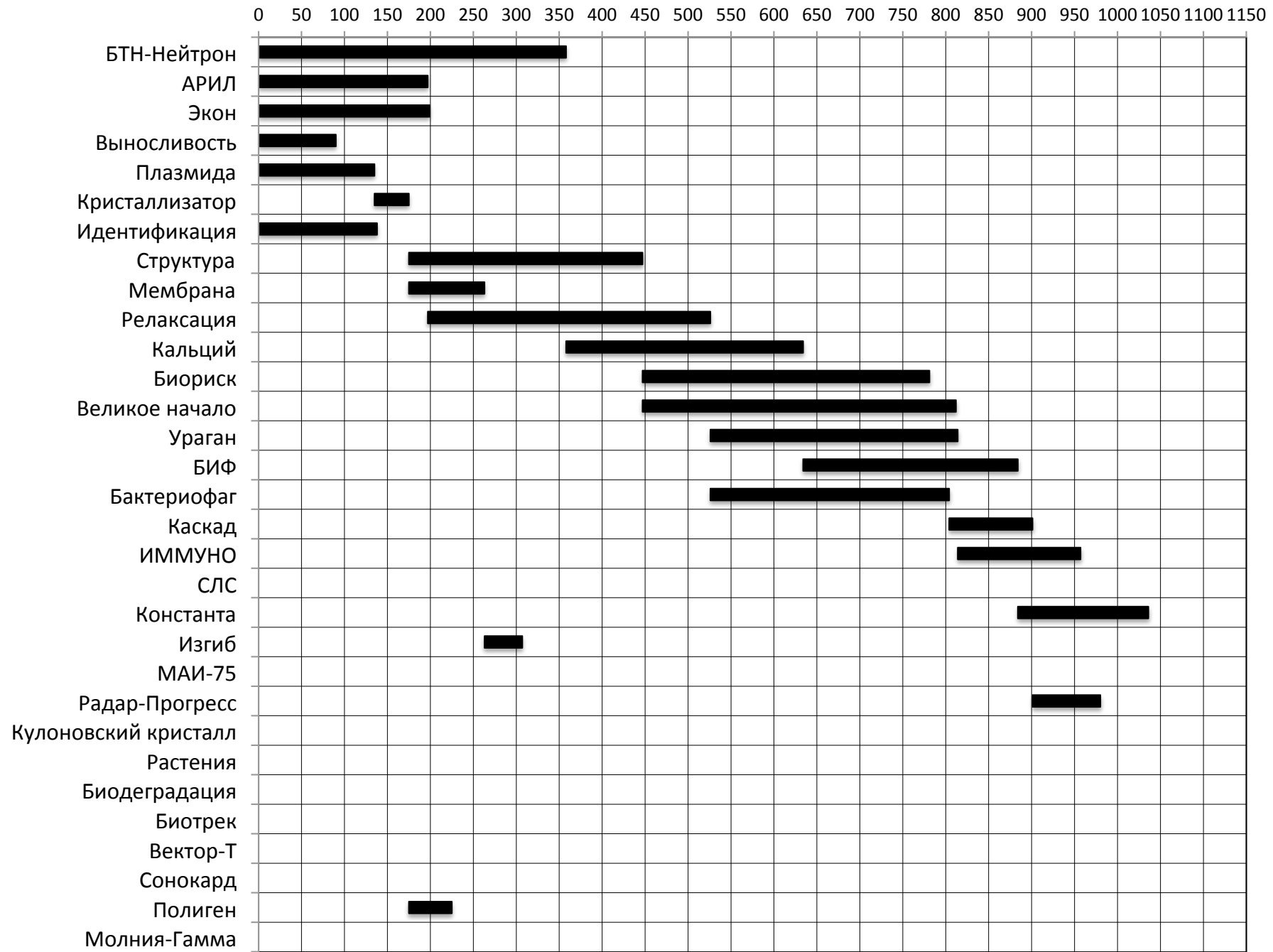
*Размеры наибольшей задачи,
разрешимой за один час*

<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

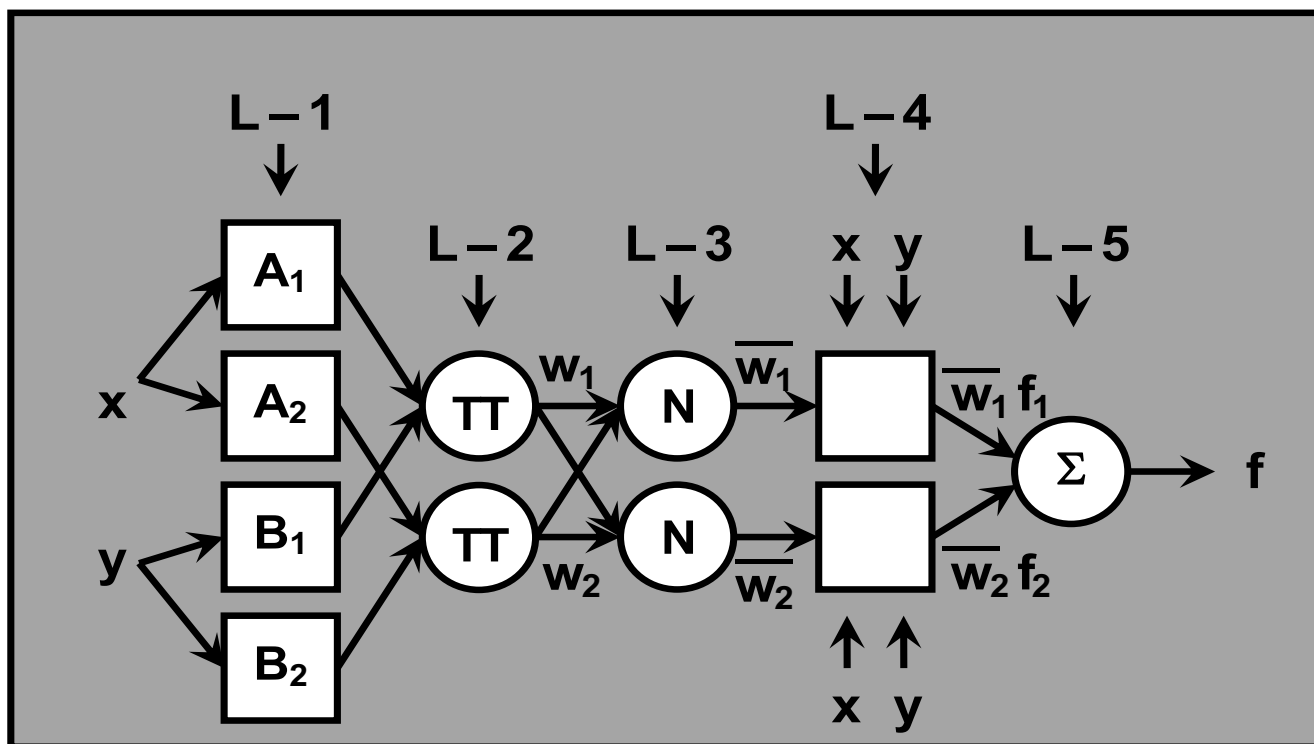
- Некоторые задачи имеют экспоненциальную сложность, но это сложность для *наихудшего* случая
- Во многих практических задачах эта сложность не проявляется
- Проблема – нет способа спрогнозировать как поведет себя экспоненциальный алгоритм на тех или иных данных

Диаграмма Ганта

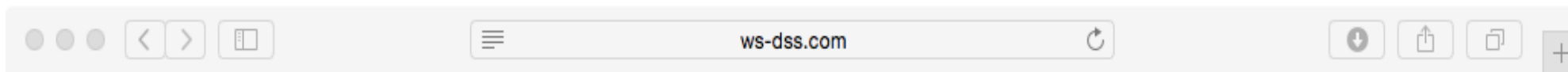


NEURO-FUZZY модель

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:

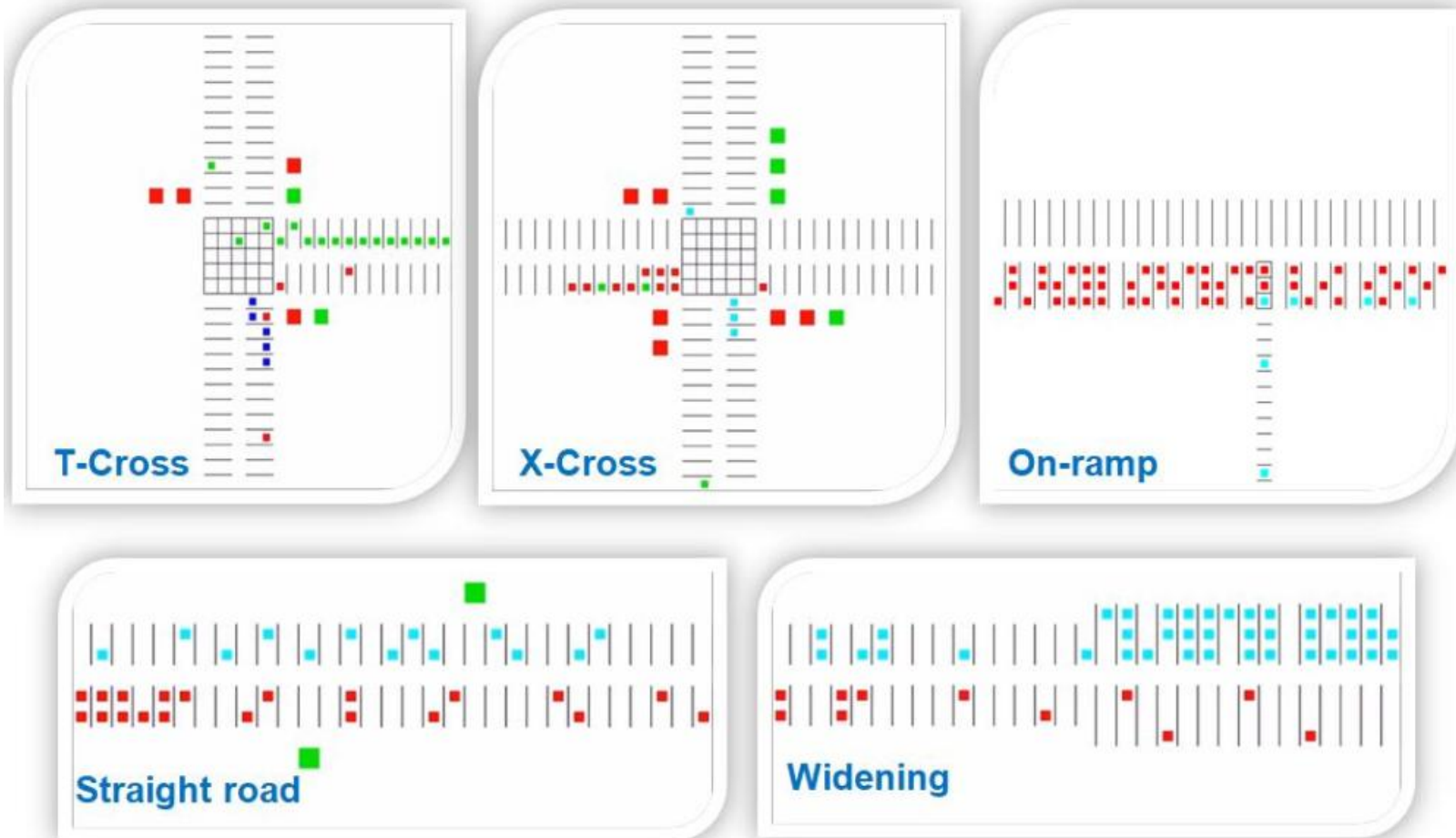
Число альтернатив: 500

Число критериев: 100

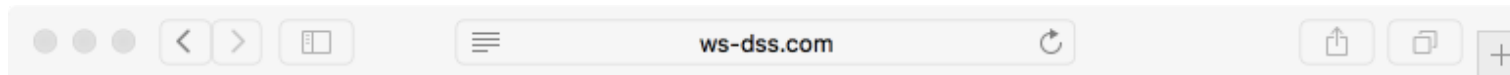
[illegible][illegible]

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	Экономичность	Импортозависимость
Хорошие 1	Хорошая 1	Высокая 1
Удовл. 0.5	Удовл. 0.5	Низкая 0
Неудовл. 0	Неудовл. 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
Значения критериев	Тех. хар-ки: 0.5, 0 Экономичность: 0.5, 0 Импорт.: 1	Тех. хар-ки: 0.5 Экономичность: 1, 0.5 Импорт.: 1	Тех. хар-ки: 1, 0.5 Экономичность: 1, 0.5 Импорт.: 0

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

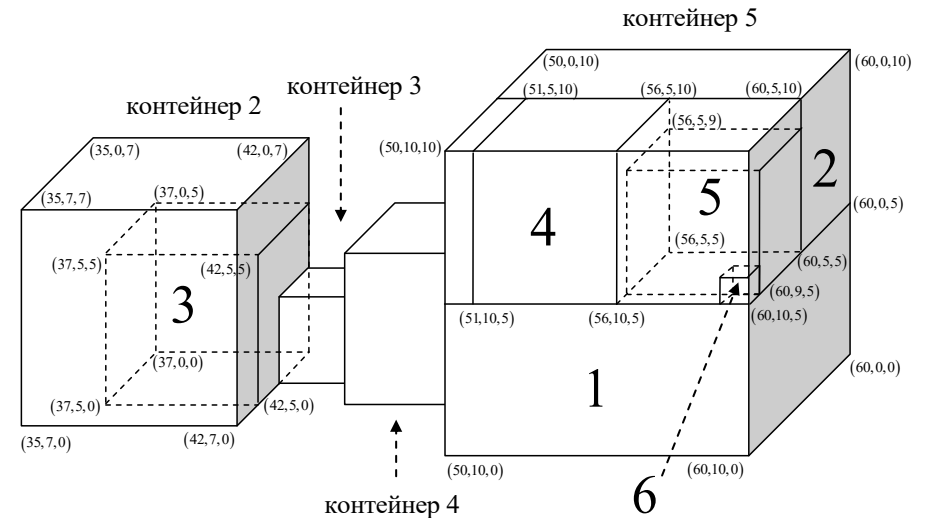
[Добавить область предпочтения](#)

Сохранить

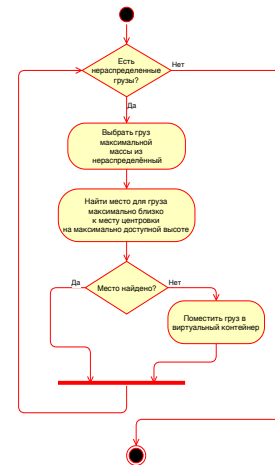
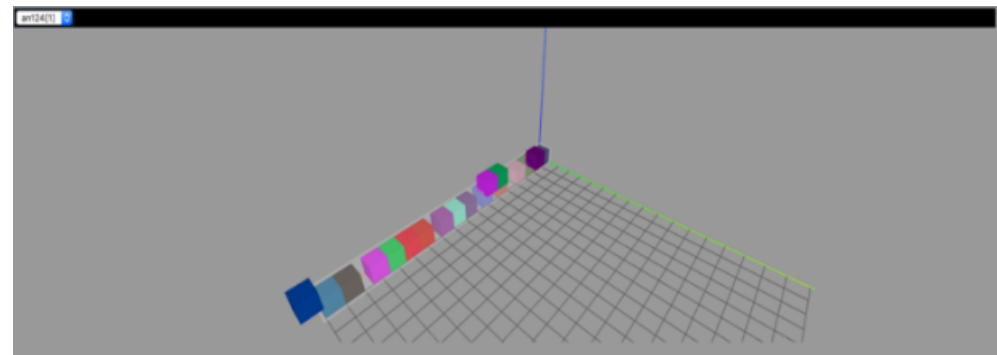
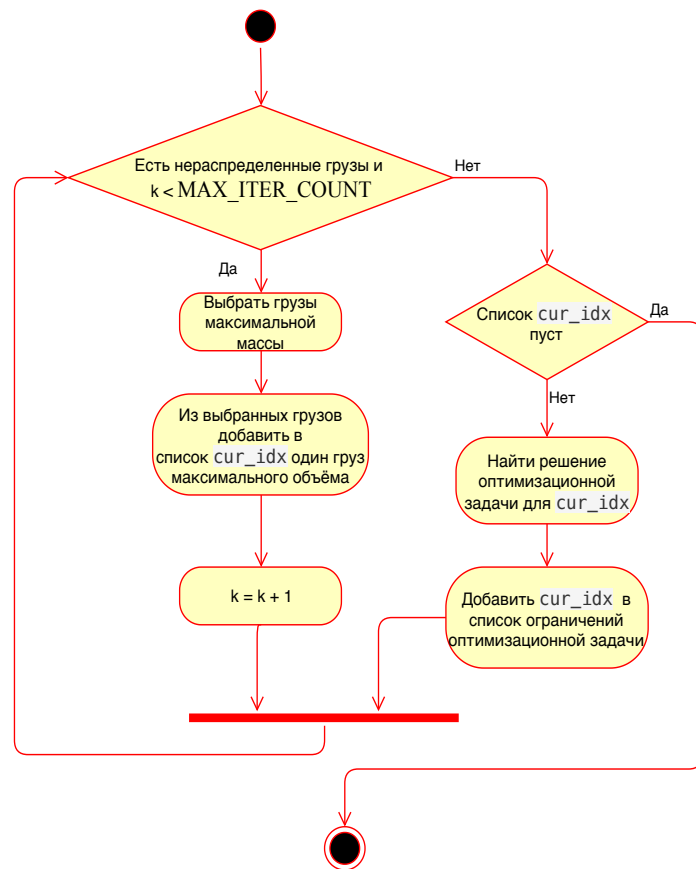
Оптимальное размещение грузов на борту воздушных судов

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

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



Алгоритм декомпозиции, эвристика, мультиагентный подход



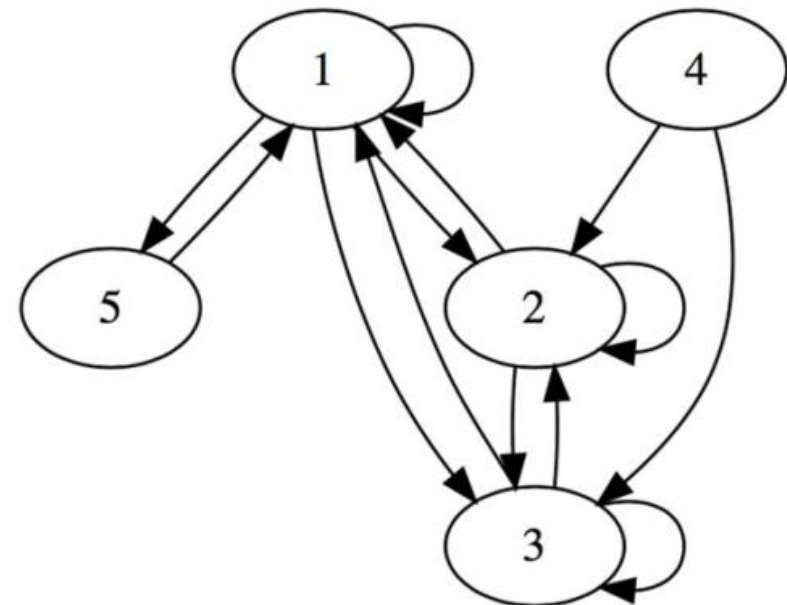
Дискретно-событийные модели

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

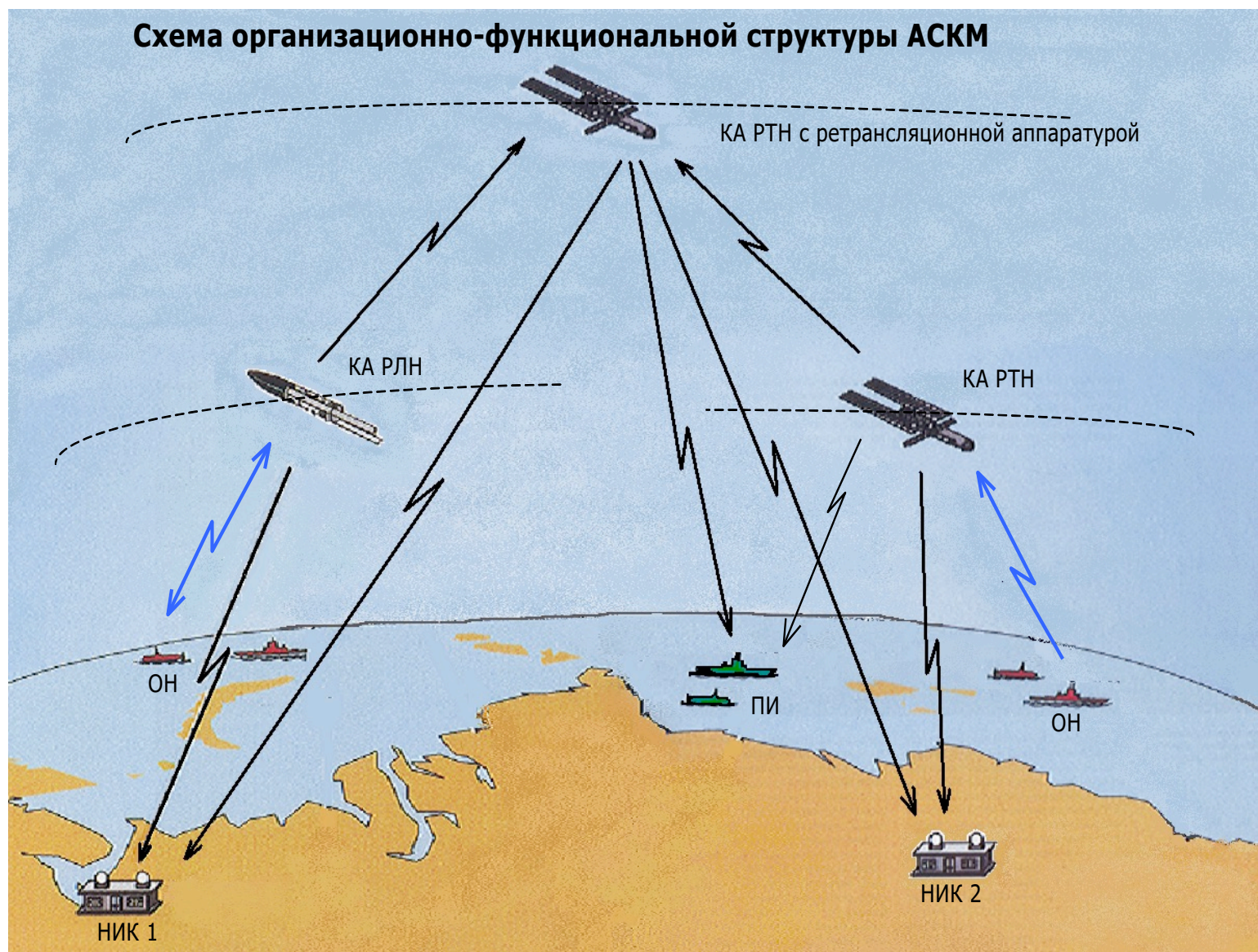
Состояние | Статистика | Графики | Гистограммы

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



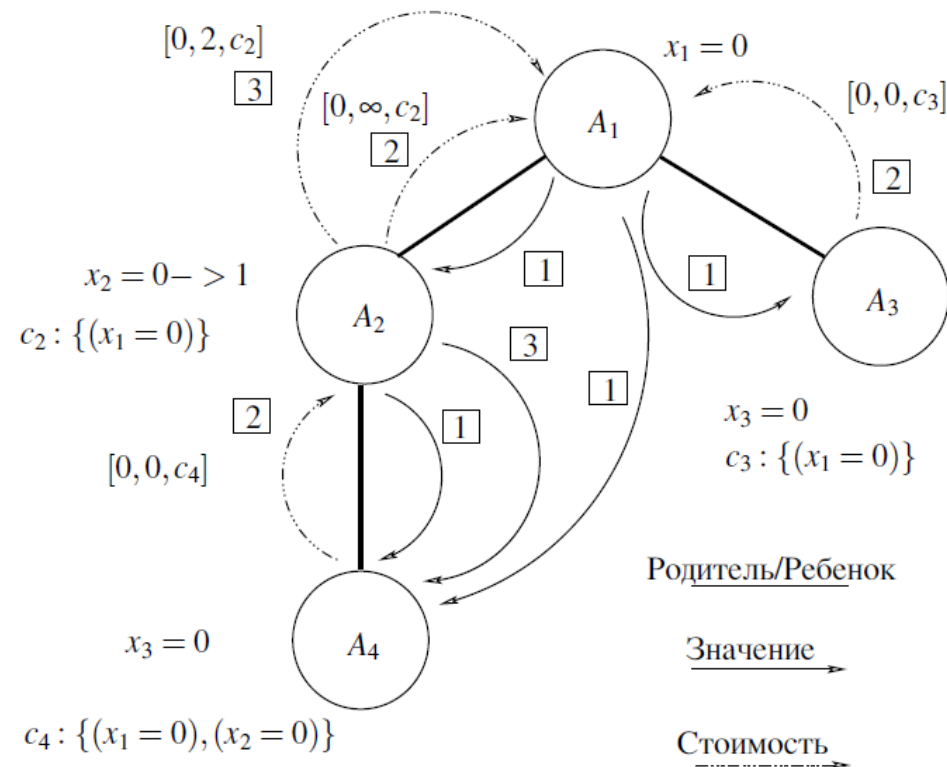
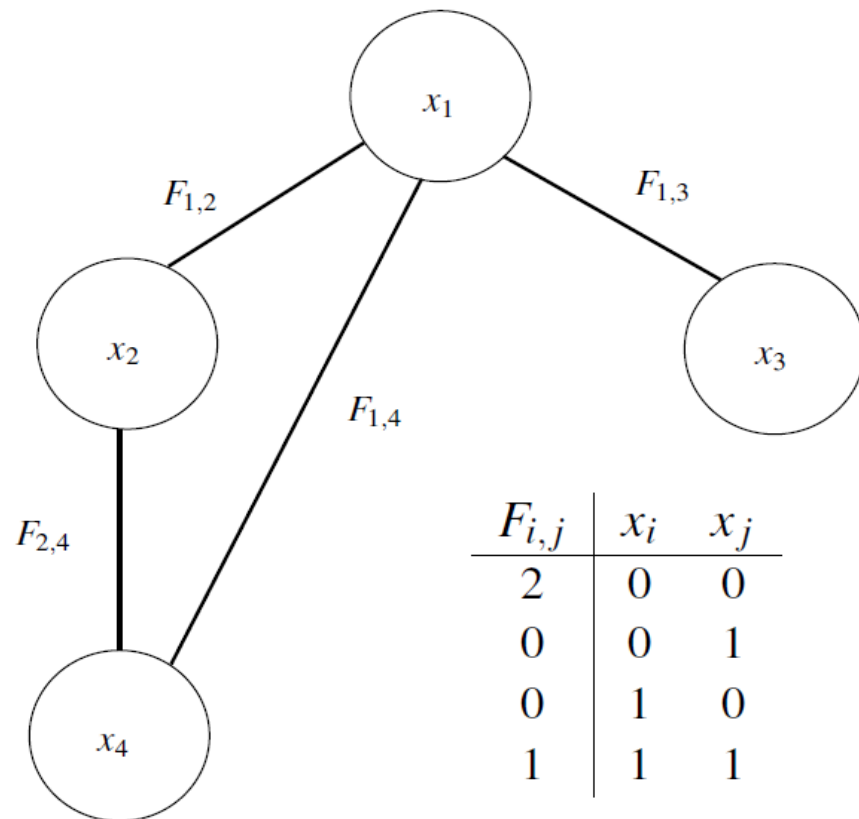
The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying "ws-dss.com". The main content area contains two JSON objects. The first object is a large, complex structure with nested arrays and objects. The second object, labeled "Выходные данные:", is a smaller structure representing aircraft data.

```
{
  "GDG": {"MRV": 20000, "CSY": 10000},
  "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:

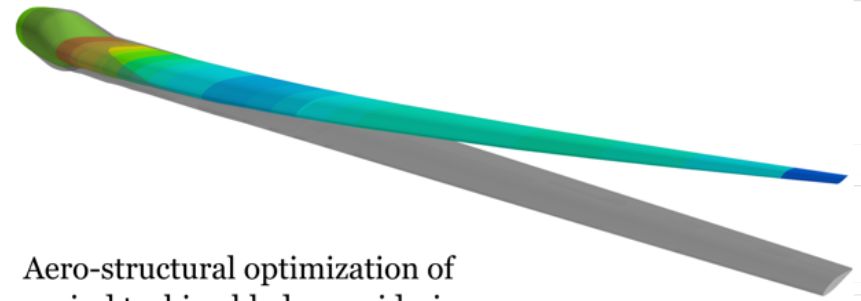
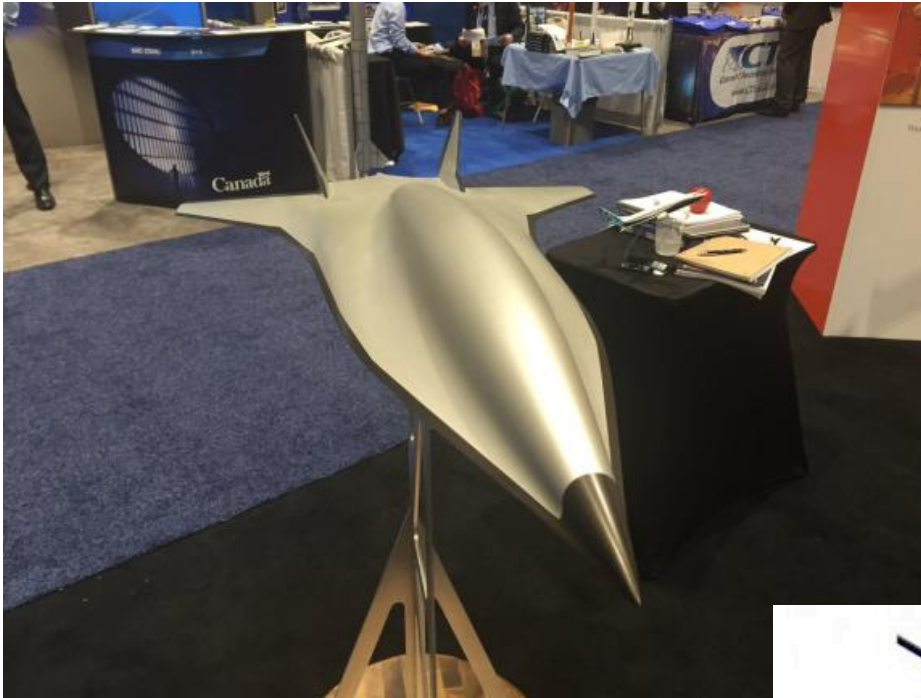
```
{
  "aircraft": {
    "il96": [
      {
        "aircraft_num": 0,
        "airport": "GDG"
      }
    ],
    "tu204": [
      {
        "aircraft_num": 1,
        "airport": "MRV"
      }
    ]
  }
}
```

Мультиагентное моделирование в задачах DCOP

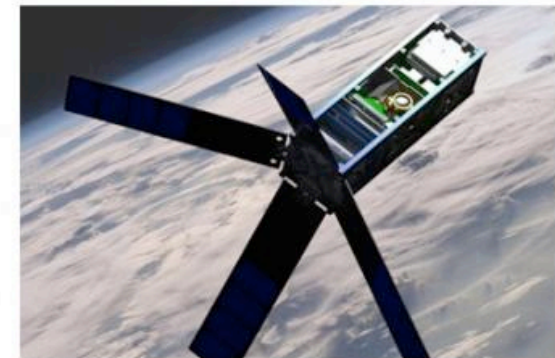
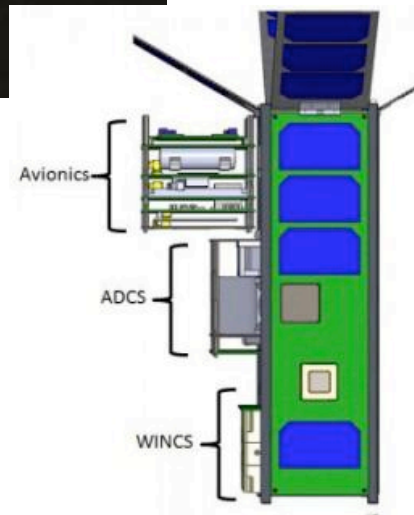


Пакет pyDCOP

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

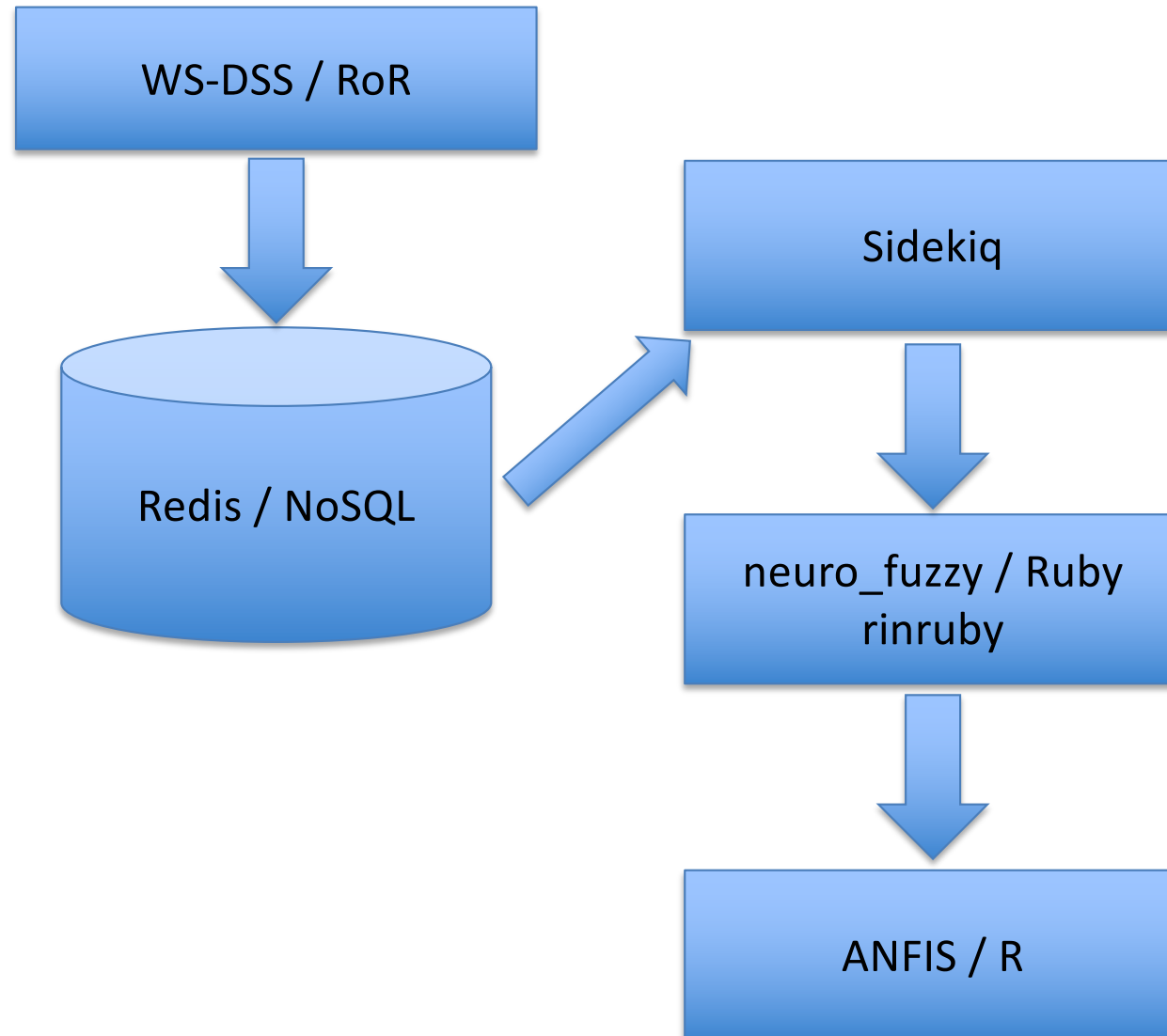
Model parameters

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](#)

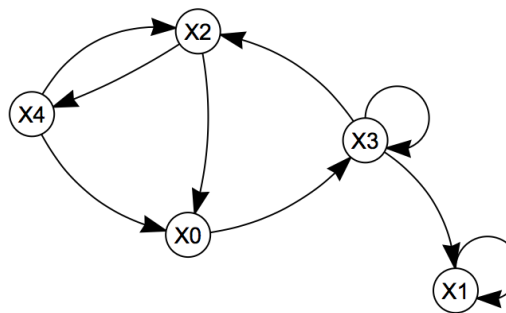
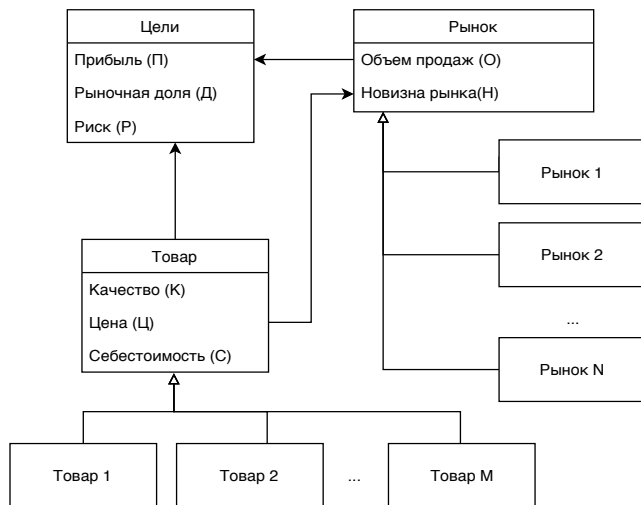
[Feedback](#) | © Copyright 2015 Vladimir Sudakov. Release 1.1

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.



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

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

Оптимизация белковых компонент пищевых продуктов совместно с НИИ «Продовольственная безопасность»

Цели:

Повышение качества
питания студентов

Разработка
инновационной
пищевой продукции

Обучение студентов
применению методов
оптимизации и
многокритериального
анализа альтернатив
на примере задачи
составления пищевых
смесей

```
import pandas as pd
df = pd.DataFrame(
    [
        ['Изолейцин', 40],
        ['Лейцин', 70],
        ['Лизин', 55],
        ['Метионин + цистеин', 35],
        ['Фенилаланин', 60],
        ['Треонин', 40],
        ['Триптофан', 10],
        ['Валин', 50]
    ], columns=['Аминокислота', 'Идеал']
)
d = list(df['Идеал'])
```



Формализация задачи

$$\min_{\substack{u_j \in \mathbb{N}, \\ y_i^+, y_i^-, w_i \in \mathbb{R}, \\ x_i, z_i \in \{0,1\}}} \left[W_1 \sum_i w_i + W_2 \sum_j \frac{c_j}{10^p} u_j \right],$$

$$y_i^+ \geq 0, y_i^- \geq 0, w_i \geq 0,$$

$$y_i^+ - y_i^- + \sum_{j \in J} \frac{a_{ij}}{10^p d_i} u_j = 1,$$

$$\sum_i x_i = 1,$$

$$y_i^+ - M z_i \leq 0,$$

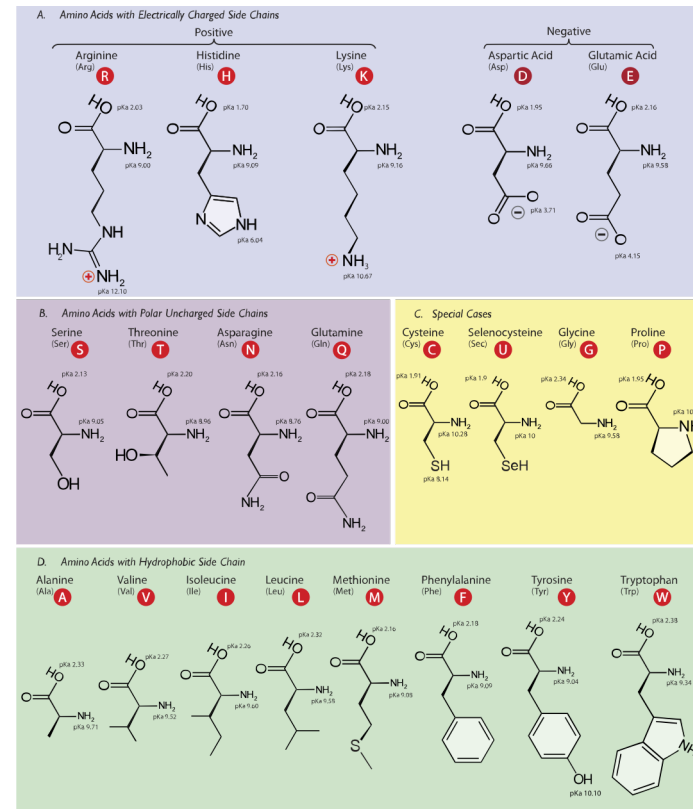
$$y_i^- + M z_i \leq M,$$

$$w_i - M x_i \leq 0,$$

$$y_i^+ + y_i^- + M x_i - w_i \leq M,$$

$$w_i - y_i^+ - y_i^- \leq 0,$$

$$\forall k \neq i: y_k^+ + y_k^- - y_i^+ - y_i^- + M x_i \leq M.$$



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:

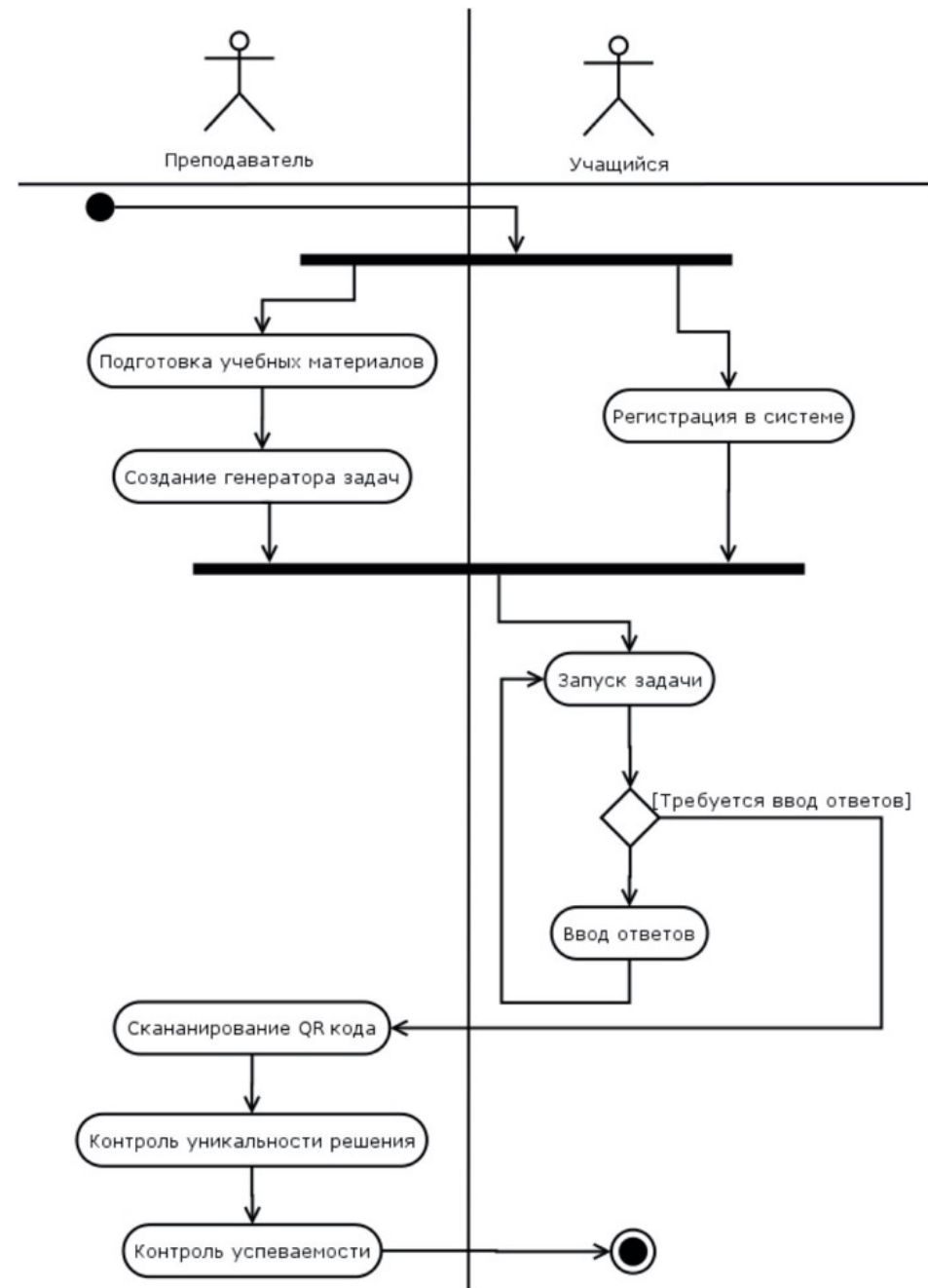
$$0. f(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4) = (((x_2 \downarrow x_4) \leftrightarrow (x_1 \vee x_4)) \downarrow ((x_1 \rightarrow x_4) \rightarrow (x_0 \downarrow x_4))) \wedge (((x_3 \wedge x_0) \vee (x_4 \wedge x_3)) \wedge ((x_4 \vee x_0) \rightarrow (x_2 \wedge x_2)))$$

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

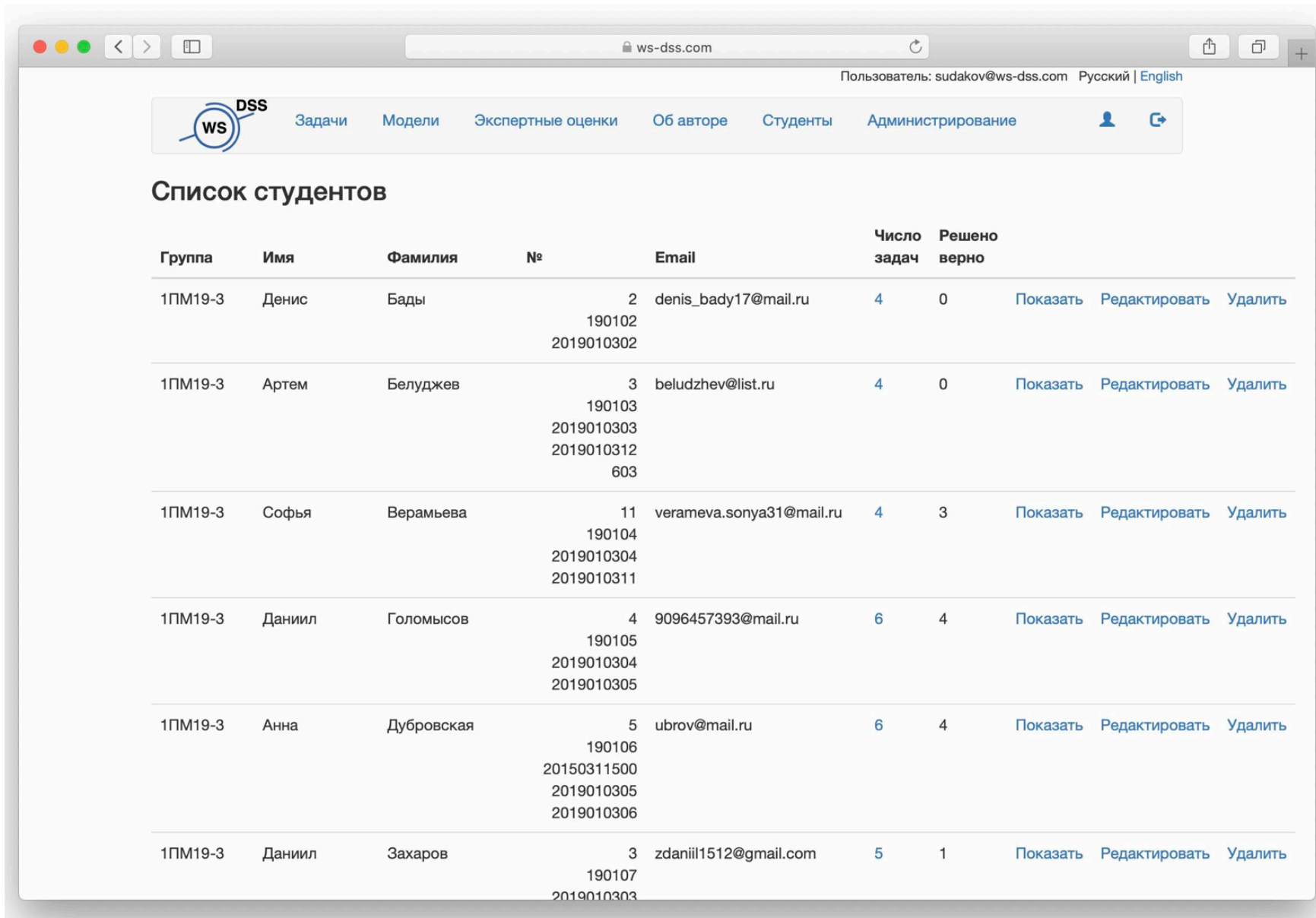
$$2. f(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4) = (((x_0 \vee x_4) \leftrightarrow x_1) \oplus ((x_1 \vee x_2) \vee \overline{x_2})) \leftrightarrow x_0$$

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

Алгоритм работы



Успеваемость



Группа	Имя	Фамилия	№	Email	Число задач	Решено верно			
1ПМ19-3	Денис	Бады	2 190102 2019010302	denis_bady17@mail.ru	4	0	Показать	Редактировать	Удалить
1ПМ19-3	Артем	Белуджев	3 190103 2019010303 2019010312 603	beludzhev@list.ru	4	0	Показать	Редактировать	Удалить
1ПМ19-3	Софья	Верамьева	11 190104 2019010304 2019010311	verameva.sonya31@mail.ru	4	3	Показать	Редактировать	Удалить
1ПМ19-3	Даниил	Голомысов	4 190105 2019010304 2019010305	9096457393@mail.ru	6	4	Показать	Редактировать	Удалить
1ПМ19-3	Анна	Дубровская	5 190106 20150311500 2019010305 2019010306	ubrov@mail.ru	6	4	Показать	Редактировать	Удалить
1ПМ19-3	Даниил	Захаров	3 190107 2019010303	zdaniil1512@gmail.com	5	1	Показать	Редактировать	Удалить

Пишите: sudakov@ws-dss.com

Спасибо за внимание!