

Россия, Красноярск  
Сибирский государственный аэрокосмический  
университет имени академика М.Ф. Решетнева

**ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Бежитский Сергей Сергеевич



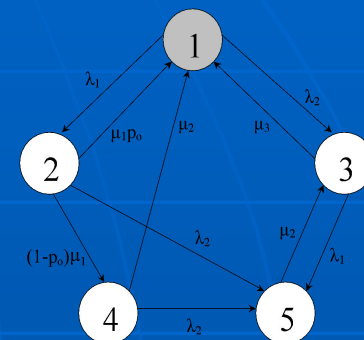
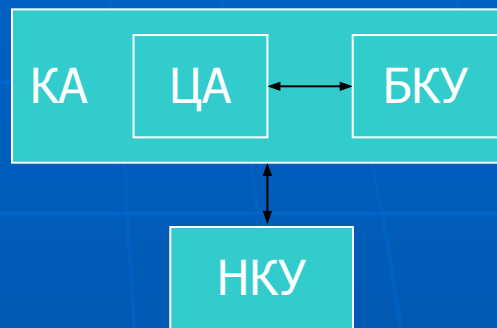
## Некоторые из направлений использования распределенных систем управления

- управление аэрокосмическими системами – например, система управления космическими аппаратами
- управление системами слежения за транспортными потоками на территории государства – например, система управления движением автомобильного транспорта
- управление системами мониторинга на потенциально опасных объектах – например, ядерных реакторах, хранилищах ядерных отходов
- управление системами охраны и контролем доступа на крупномасштабных и стратегически важных объектах – например, система управления охраной и контролем доступа на горно-химическом комбинате

# Моделирование и оптимизация аппаратно-программного комплекса технологического контура системы управления космического аппарата

$$\begin{aligned}
 P_1 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) - \mu_1 \cdot p_0 \cdot P_2 - \mu_3 \cdot P_3 - \mu_2 \cdot P_4 &= 0, \\
 P_2 \cdot (\mu_1 + \lambda_2) - \lambda_1 \cdot P_1 &= 0, \\
 P_3 \cdot (\lambda_1 + \mu_3) - \lambda_2 \cdot P_1 - \mu_2 \cdot P_5 &= 0, \\
 P_4 \cdot (\lambda_2 + \mu_2) - (1 - p_0) \cdot \mu_1 \cdot P_2 &= 0, \\
 P_5 \cdot \mu_2 - \lambda_2 \cdot P_2 - \lambda_1 \cdot P_3 - \lambda_2 \cdot P_4 &= 0, \\
 P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 &= 1
 \end{aligned}$$

Система уравнений  
Колмогорова-Чепмена



Система управления КА и граф состояний и переходов

$$F_{opt}(a_i, \mu_i, p_0) = P_1 \quad - \text{КА}$$

$$F_{opt}(a_i, \mu_i, p_0) = P_1 + P_3 \quad - \text{ЦА}$$

$$F_{opt}(a_i, \mu_i, p_0) = P_1 + P_2 + P_4 \quad - \text{БКУ}$$

$$F_{opt} \rightarrow \max$$

$$M(a_1, a_2, \mu_1, \mu_2, \mu_3, p_0) < M_0$$

$$C(a_1, a_2, \mu_1, p_0) < C_0$$

$$M(a_1, a_2, \mu_1, \mu_2, \mu_3, p_0) = \sum_i m(a_i) + \sum_i m(\mu_i) + m(p_0)$$

$$C(a_1, a_2, \mu_1, p_0) = -\mu_1 \cdot p_0 / (\lg(a_1) + \lg(a_2))$$

Целевые функции: формулы  
вычисления коэффициентов готовности

Ограничения и их формулы

# Программная система моделирования и оптимизации интеллектуальных распределенных систем управления функционирования РСУ

Программная система моделирования и оптимизации интеллектуальных распределенных систем управления

Файлы данных системы | Файлы вариантов параметров системы | Сервис | Помощь

Ввод названий подсистем | Восстановление подсистем | Ввод данных по каждой из подсистем | Перебор всех состояний системы | Переходы между состояниями системы

Возможен переход из состояния 1 в состояние 2 ?

Название подсистемы	Из состояния	В состояние
НКЧ	Работоспособна и свободна	Работоспособна и занята восстановлением подсистемы 'БКЧ'
БКЧ	Работоспособна и свободна	Неработоспособна и восстанавливается подсистемой 'НКЧ'
ЦА	Работоспособна и свободна	Работоспособна и свободна

Уточните причину перехода из одного состояния в другое

Отказала подсистема

Выберите подсистему:

Передача управления восстановлением подсистеме

для восстановления подсистемы

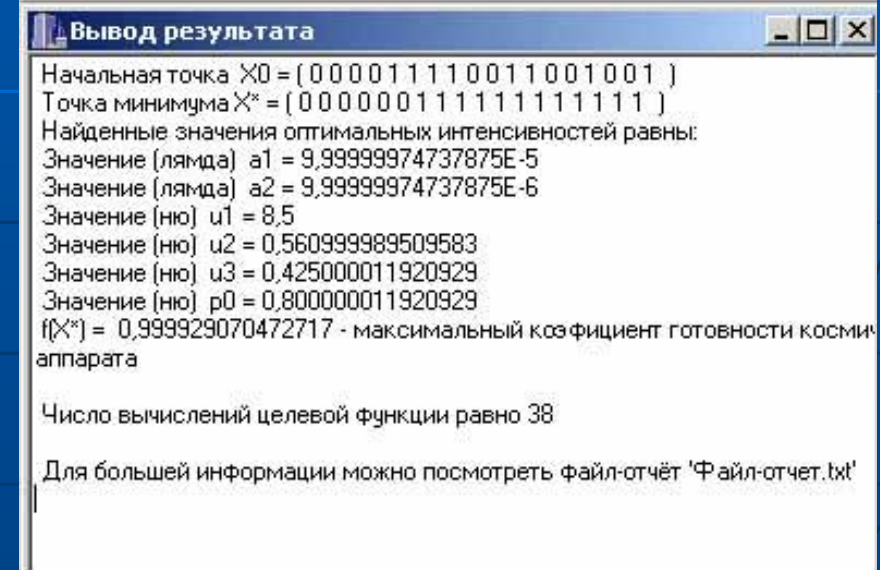
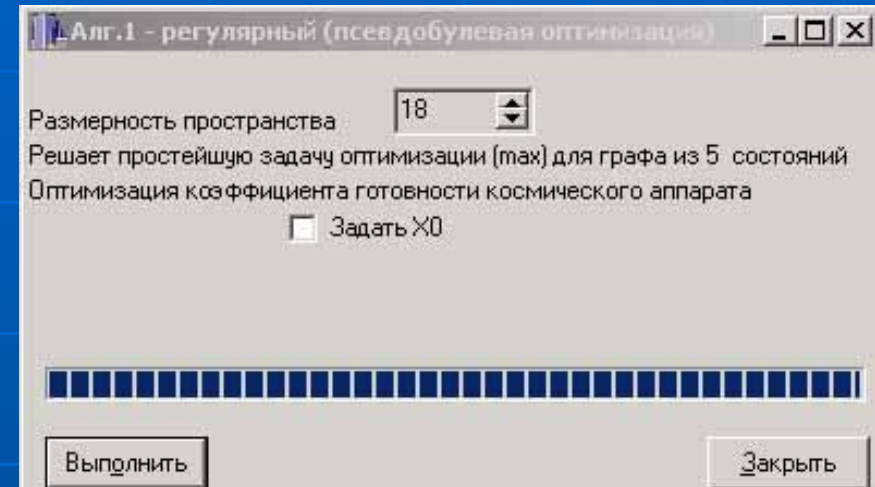
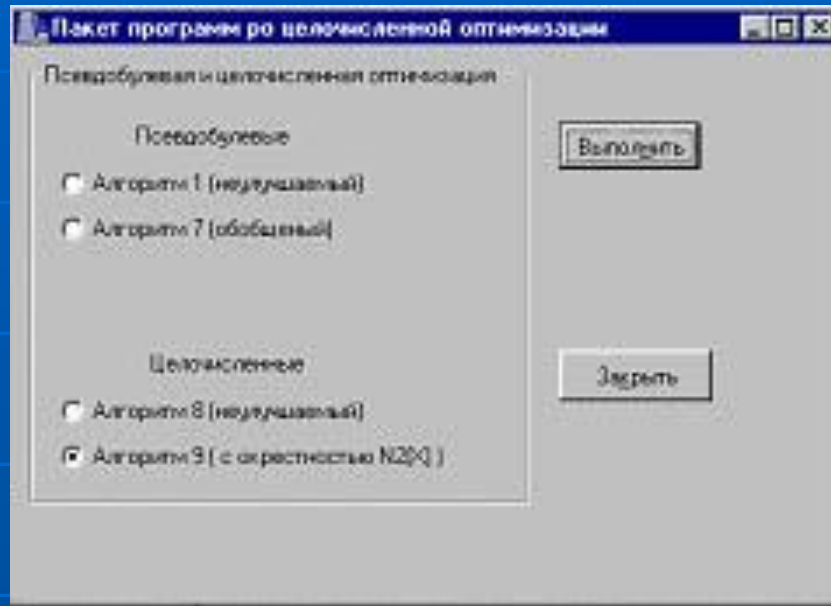
Восстановлена подсистема

Выберите подсистему:

средствами подсистемы:

Этап сбора и обработки информации о системе диалогом режиме  
с пользованием

# Программы псевдодулевой оптимизации для установления полезных свойств целевых функции системы управления

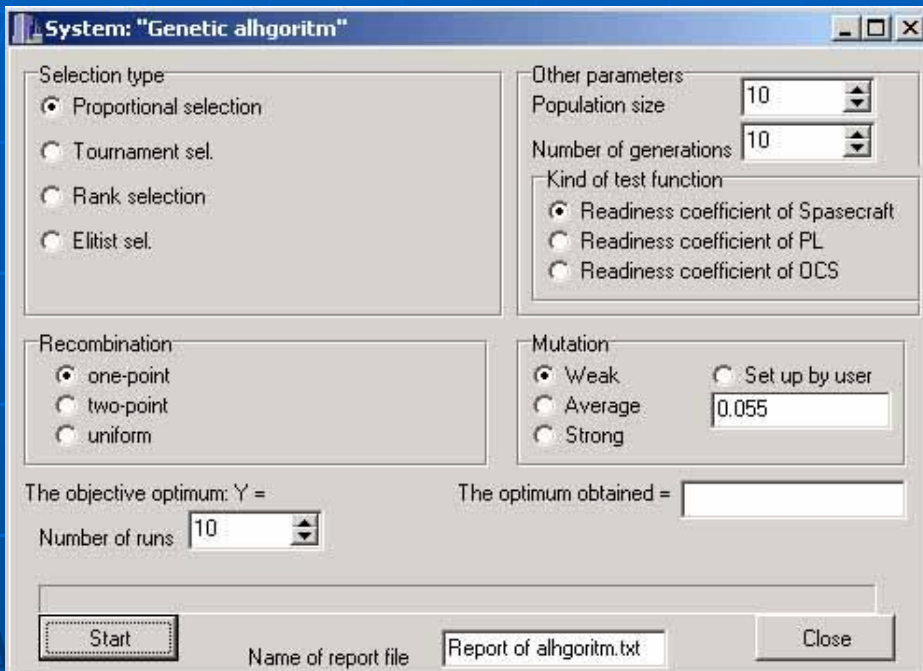


Цель использования алгоритмов – установление полимодальности и монотонности целевых функций

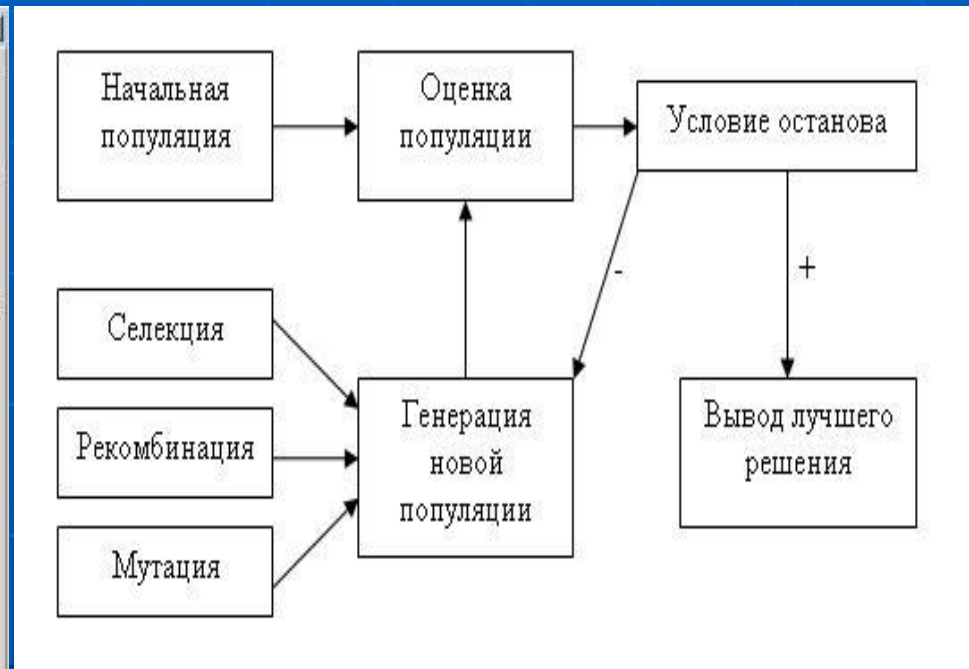
# Результаты исследования полезных свойств целевых функций

Показатель эффективности работы РСУ	Полезные свойства
Технологический контур	Унимодальность и монотонность коэффициента готовности КА. Полимодальность и немонотонность коэффициентов готовностей ЦА и БКУ
Командно-программный контур	Многоэкстремальность с несколькими множествами постоянства для показателя, характеризующего время автономной работы КА
Целевой контур	Унимодальность и монотонность показателя, характеризующего среднее время реакции на поступившую заявку

# Программа оптимизации параметров системы управления генетическим алгоритмом (ГА)



Окна программы ГА



Запрограммированная схема ГА

# Пошаговая структура модернизированных гибридных схем ГА

## *Эволюция по Ламарку:*

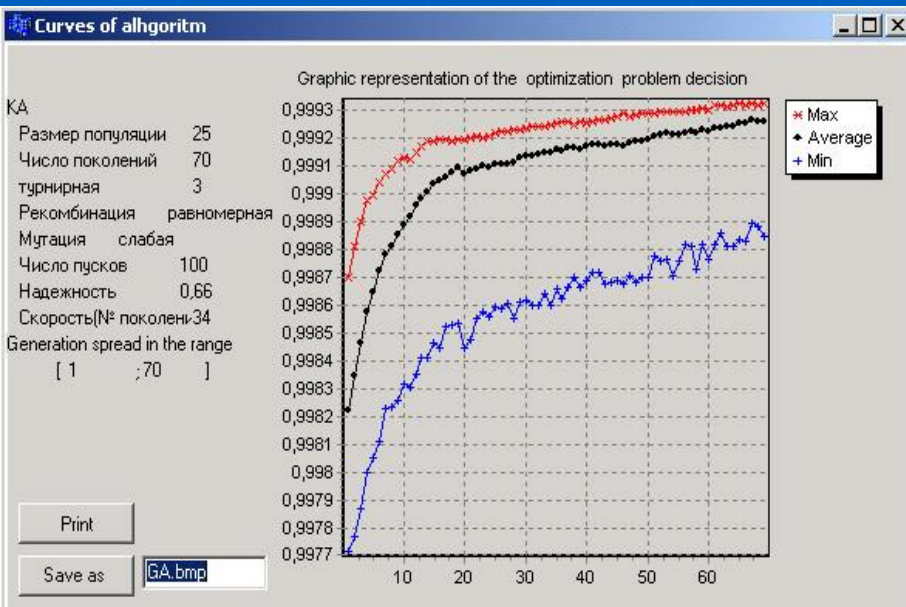
1. Инициализируется и оценивается начальная популяция ГА
2. Выбирается произвольным образом несколько индивидов и из них проводится локальный поиск (ЛП) (моделирование прижизненной адаптации).
- 3. В следующую популяцию переходят новые (улучшенные) индивиды (полученные ЛП)**
4. В соответствии с генетическими операторами формируется и оценивается новая популяция. Переход к шагу 2.

## *Эволюция по Дарвину:*

1. Инициализируется и оценивается начальная популяция ГА
2. Выбирается произвольным образом несколько индивидов и из них проводится локальный поиск (моделирование прижизненной адаптации).
- 3. В следующую популяцию переходят исходные (для ЛП) индивиды но с новой (полученной ЛП) пригодностью.**
4. В соответствии с генетическими операторами формируется и оценивается новая популяция. Переход к шагу 2.



# Реализация гибридного и обыкновенного ГА для решения условных задач оптимизации при проектировании РСУ



Кривые лучшего, среднего и худшего индивидов в ГА

Гибридизация ГА с алгоритмами локального поиска – эволюции по Дарвину и Ламарку

Статистика ГА с локальным поиском

Селекция + | Рекомб. и мутация | Локальный поиск | Учет ограничений | Ограничения | Результат

Лечение лок. поиском | Штрафные функции | Барьерные функции

Динамическая | Адаптивная | Статическая

Используемая штрафная функция

- Динамическая
- Адаптивная
- Статическая
- Не использовать

Ширина штрафной области: 0,06

Минимальный велич. штрафа: 0,01

Коэффициент увеличения штрафа: 2

Число пусков: 100

Объективный оптимум равен:  $Y = 0,999537676094836$

Перебор - поиск объективного оптимума

Найденный оптимум: 0,999537676094836

Выполнить | Имя файла отчета: Report of algorithm.txt | Закрыть

Поиск оптимальной точки ГА

Сравнение показателей эффективности ГА и гибридного алгоритма при оптимизации коэффициента готовности КА

	Надежность	Скорость	Разброс
ГА – эволюция по Ламарку	0.8	22	[6;40]
ГА – эволюция по Дарвину	0.7	25	[8;42]
ГА – обыкновенный	0.72	20	[3;39]

## Сравнение показателей эффективности ГА и гибридного алгоритма при оптимизации показателя автономной работы КА

	Надежность	Скорость	Разброс
ГА – эволюция по Ламарку	1	3	[1; 8]
ГА – эволюция по Дарвину	0.94	4	[1; 9]
ГА – обыкновенный	1	4	[1; 10]

Сравнение показателей эффективности ГА и гибридного алгоритма при оптимизации среднего времени реакции системы управления КА

	Надежность	Скорость	Разброс
ГА – эволюция по Ламарку	0.89	23	[14; 48]
ГА – эволюция по Дарвину	0.94	24	[11; 48]
ГА – обыкновенный	0.65	24	[12; 55]

## Итоговые результаты

- Исследованы свойства целевых функции. Установлена унимодальность и монотонность коэффициента надежности функционирования КА. Установлена полимодальность и немонотонность коэффициентов надежности БКУ и ЦА.
- Установлены оптимальные параметры обыкновенного генетического алгоритма и гибридного ГА для целевых функций с ограничениями и без ограничений
- Использование гибридного ГА позволяет использовать произвольные настройки ГА фактически без снижения эффективности оптимизации по сравнению с оптимальным ГА

Спасибо за внимание!