

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

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

Бежитский Сергей Сергеевич



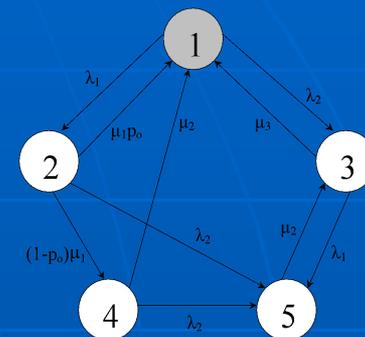
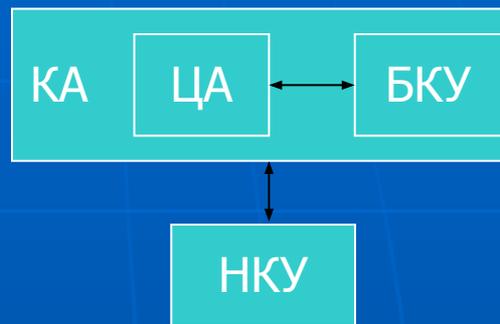
Некоторые из направлений использования распределенных систем управления

- 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

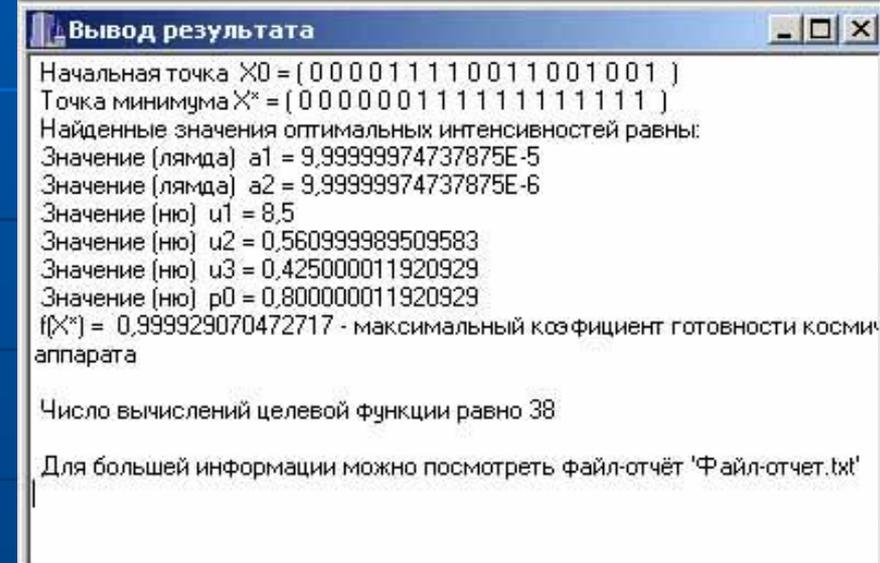
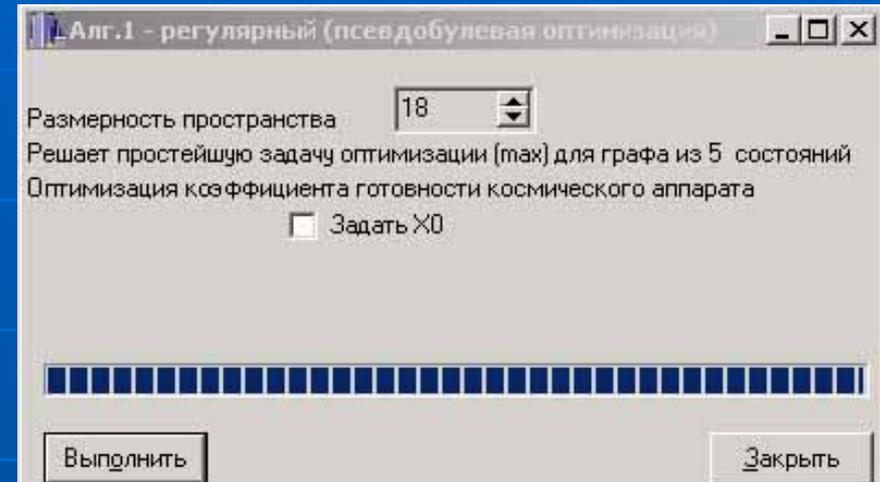
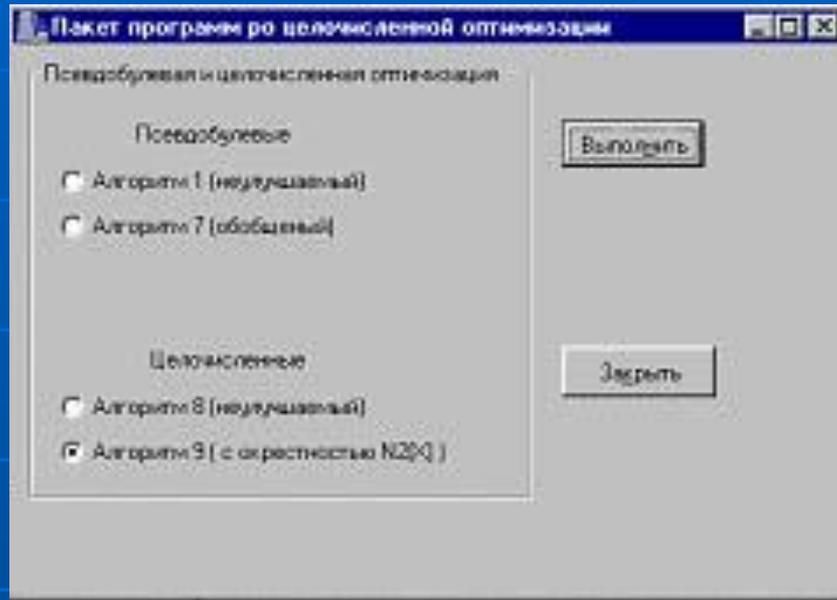
Восстановлена подсистема

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

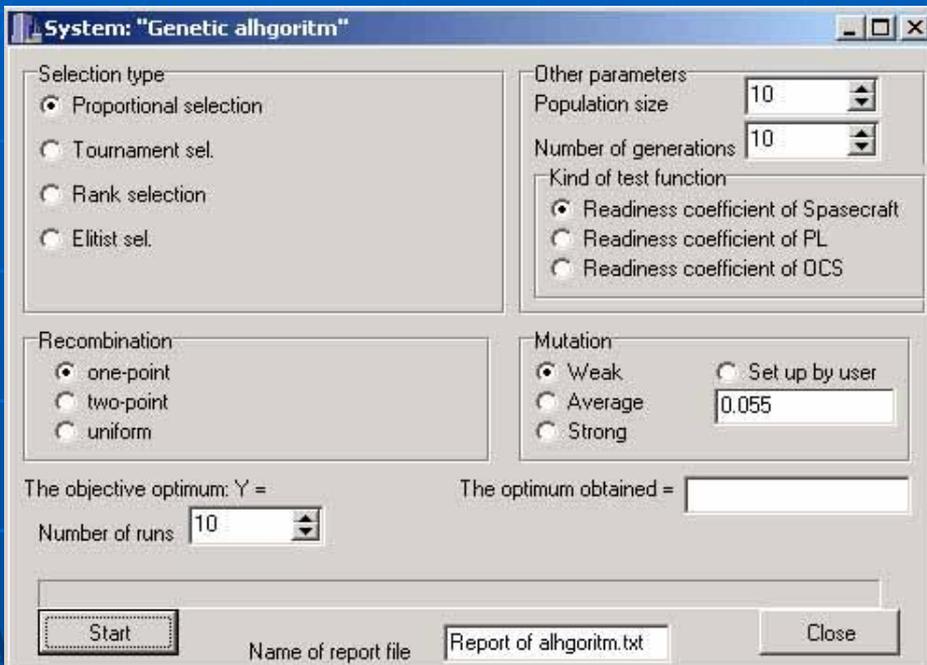


Цель использования алгоритмов – установление полимодальности и монотонности целевых функций

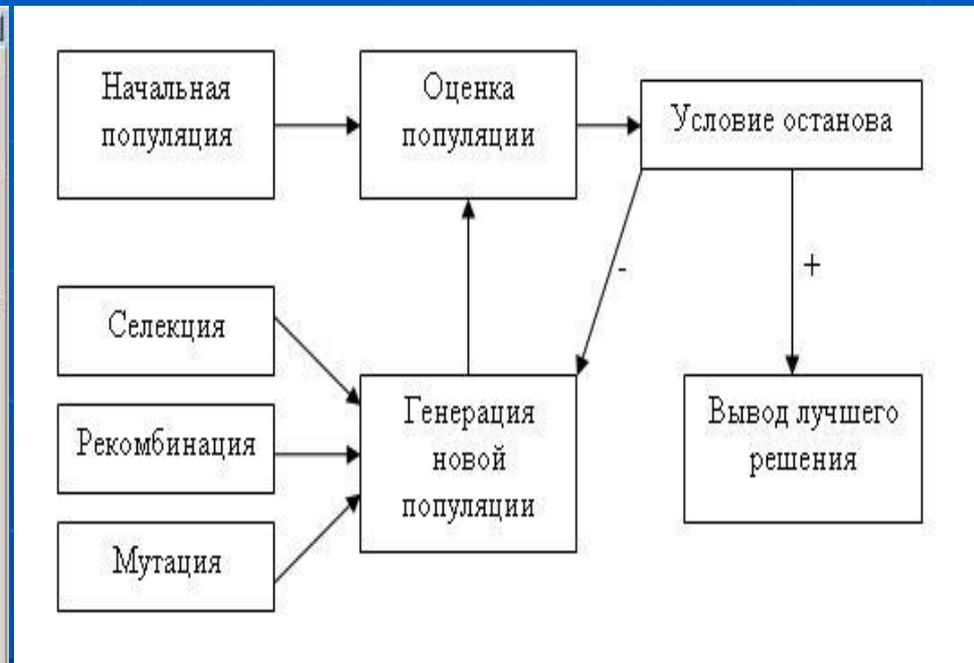
Результаты исследования полезных свойств целевых функций

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

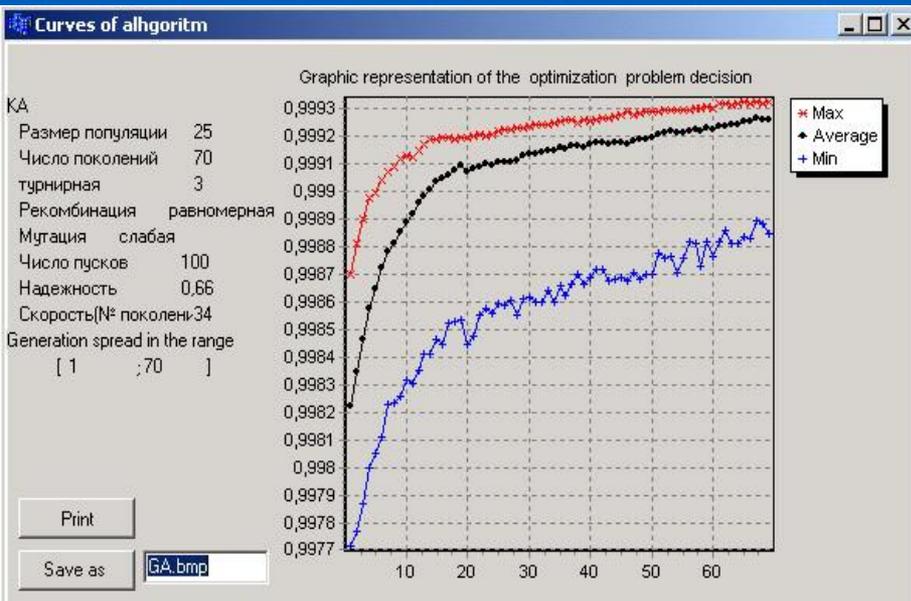
Эволюция по Ламарку:

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!