

---

# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---



Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme

---



---

# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

1. Введение
2. Системы на основе продукционных баз знаний
3. Системы параметрической оптимизации
4. Интегрированные подходы
5. Системы топологического синтеза
6. Выводы

---

д.т.н., проф. Л.А. Зинченко



Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme



---

# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

## 1. Введение

2. Системы на основе продукционных баз знаний

3. Системы параметрической оптимизации

4. Интегрированные подходы

5. Системы топологического синтеза

6. Выводы



Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme

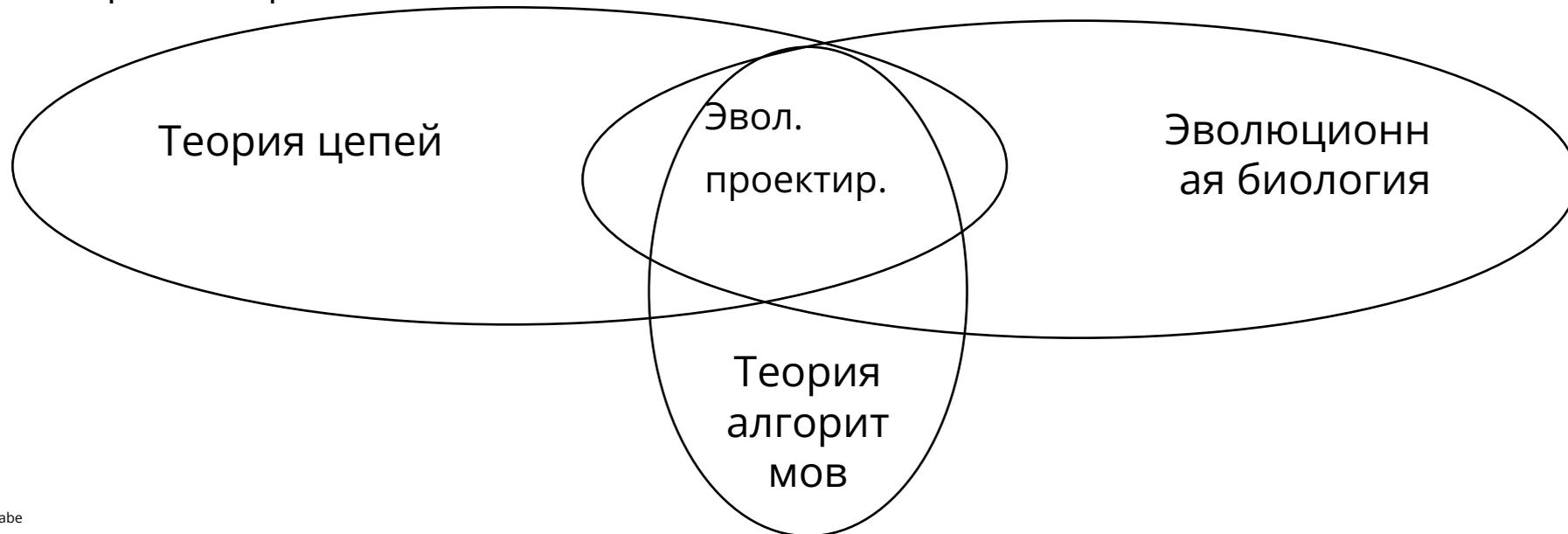


# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

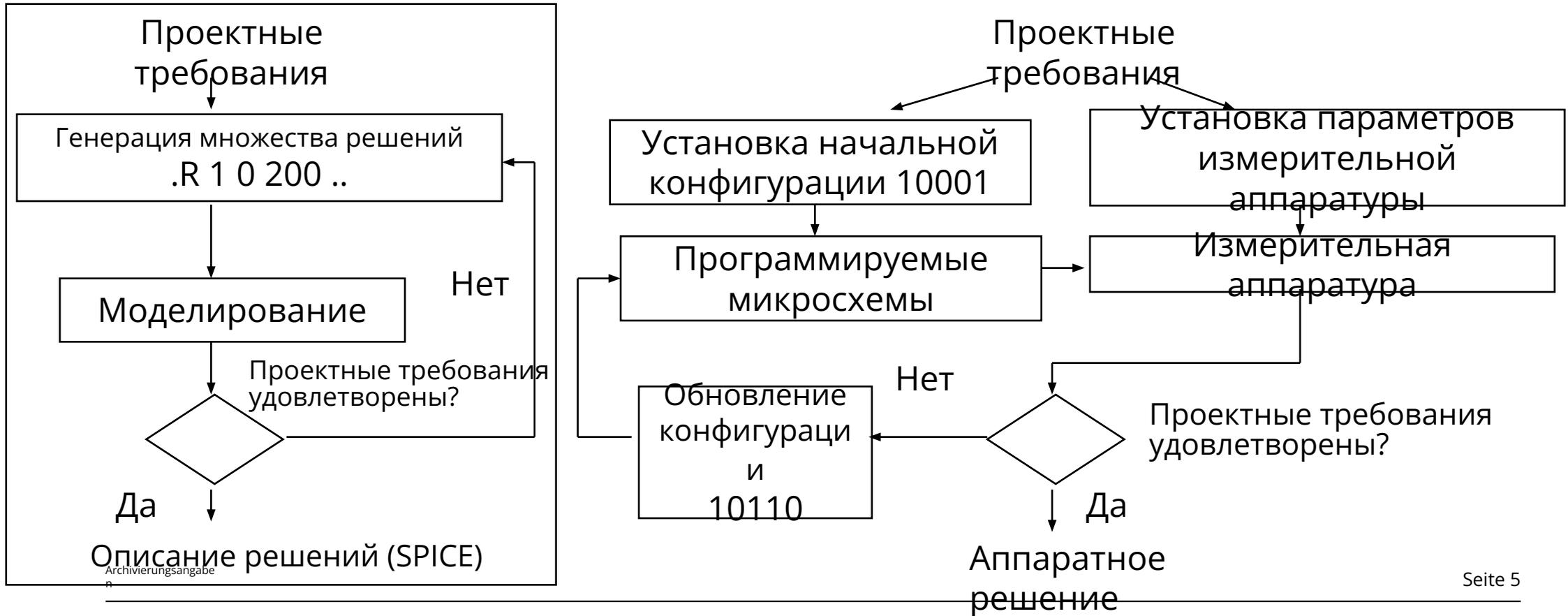
## Введение

Эволюционное проектирование электронных и электрических цепей – новая область научных исследований, базирующаяся на исследованиях в эволюционной биологии, теории цепей и теории алгоритмов.



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Введение. Программное и аппаратное эволюционное проектирование



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

## Введение. Алгоритм проектирования цифро-аналоговых интегральных схем

Идея

Системное проектирование

Проектирование архитектуры

- Выбор топологии
- Выбор параметров

## **Схемотехническое проектирование стандартных ячеек**

Проектирование топологии стандартных ячеек

Проектирование топологии интегральной схемы

Производство и тестирование

Archivierungsangabe  
n

Seite 6



Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme



---

# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

1. Введение

**2. Системы на основе продукционных баз знаний**

3. Системы параметрической оптимизации

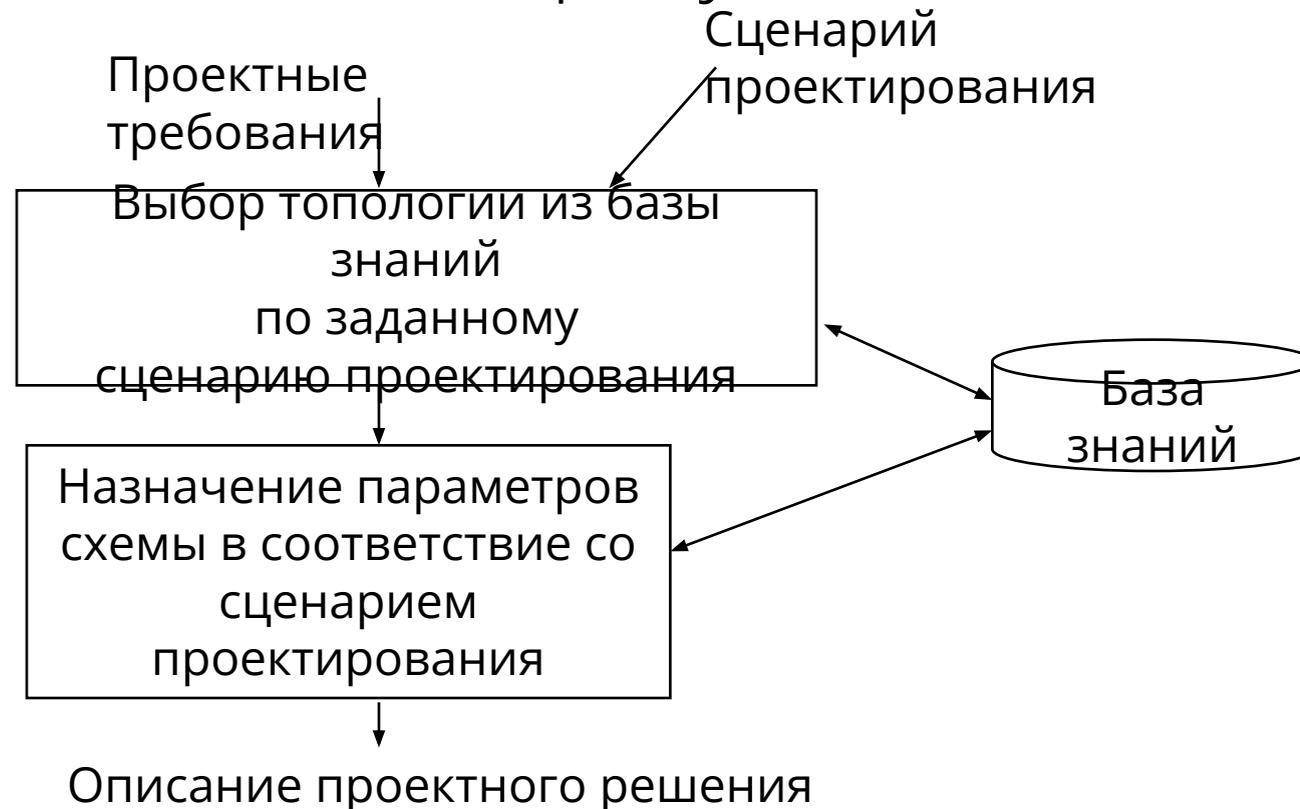
4. Интегрированные подходы

5. Системы топологического синтеза

6. Выводы



## Системы на основе продукционных баз знаний



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Системы на основе продукционных баз знаний

#	Система проектирование	Тип цепей	Число транзисторов	Особенности
1	BLADES	Операционные усилители	20	Экспертные знания о правилах соединения фрагментов цепей и выбора параметров цепей
2	OASYS	Операционные усилители	20	Экспертные знания по правилам построения цепей и выбора параметров цепей
3	PAD	Операционные усилители	20	Экспертные знания по правилам построения цепей и выбор параметров цепей в некотором диапазоне
4	CAIRO+	Усилители	20	Пользователь определяет правила построения цепей на специальном языке

---

# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

1. Введение

2. Системы на основе продукционных баз знаний

**3. Системы параметрической оптимизации**

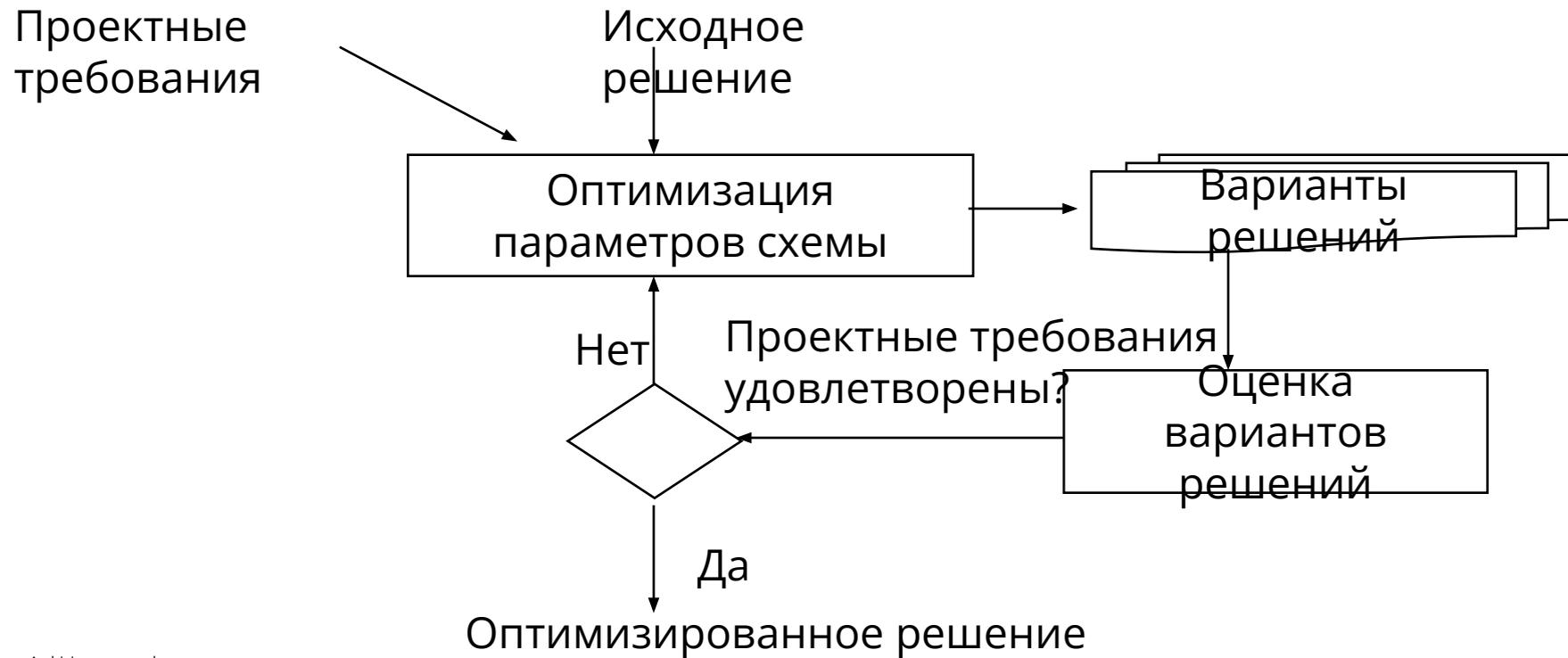
4. Интегрированные подходы

5. Системы топологического синтеза

6. Выводы



## Параметрическая оптимизация



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Параметрическая оптимизация

#	Система проектирование	Тип цепей	Число транзисторов	Особенности
1	MAELSTROM	Операционные усилители	30	Комбинация генетических алгоритмов и моделирования отжига
2	ANACONDA	Операционные усилители, усилители мощности	40	Поиск по образцу в множества альтернативных решений
3	OPTIMAN	Усилители	20	Моделирование отжига и символьные модели
4	ASF	Операционные усилители, усилители мощности	40	Моделирование отжига с методом спуска
5	CYCLONE	LC-генераторы	4	Моделирование отжига
6	M-DESIGN	Усилители мощности	4	Оптимизация на основе дифференциальной эволюции
7	Analog IC synthesis tool (Turkey)	Операционные усилители, преобразователи тока, усилители	40	Комбинация моделирование отжига и эволюционных стратегий
8	ASTRX/OBLX	Усилители	30	Моделирование отжига

Archivierungsangabe  
n

Seite 12



Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Коммерческие средства параметрической оптимизации

#	Система проектирования	Компания	Особенности
1	NeoCircuit	Cadence	Комбинация генетических алгоритмов и моделирования отжига
2	Circuit Explorer	Synopsys	Многокритериальная оптимизация
3	Barcelona Design	Barcelona Design	Оптимизация на основе аналитических методов

---

# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

1. Введение

2. Системы на основе продукционных баз знаний

3. Системы параметрической оптимизации

**4. Интегрированные подходы**

5. Системы топологического синтеза

6. Выводы



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Интегрированные подходы

#	Система проектирование	Тип цепей	Число транзисторов	Особенности
1	OPASYN	Операционные усилители	40	Выбор из 5 возможных топологий с последующей оптимизацией параметров на основе градиентных методов
2	AMGIE	Стандартные ячейки (усилители); функциональный уровень (детектор)	Иерархически 26 (10 +8 +8)	Выбор из набора возможных топологий с последующей аналитической оптимизацией
3	DARWIN	Операционные усилители	20	Выбор из 24 возможных топологий с последующей оптимизацией на основе генетических алгоритмов
4	SEAS	Операционные усилители	15	Комбинирование отдельных фрагментов с последующей параметрической оптимизацией на основе моделирования отжига

---

# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

1. Введение

2. Системы на основе продукционных баз знаний

3. Системы параметрической оптимизации

4. Интегрированные подходы

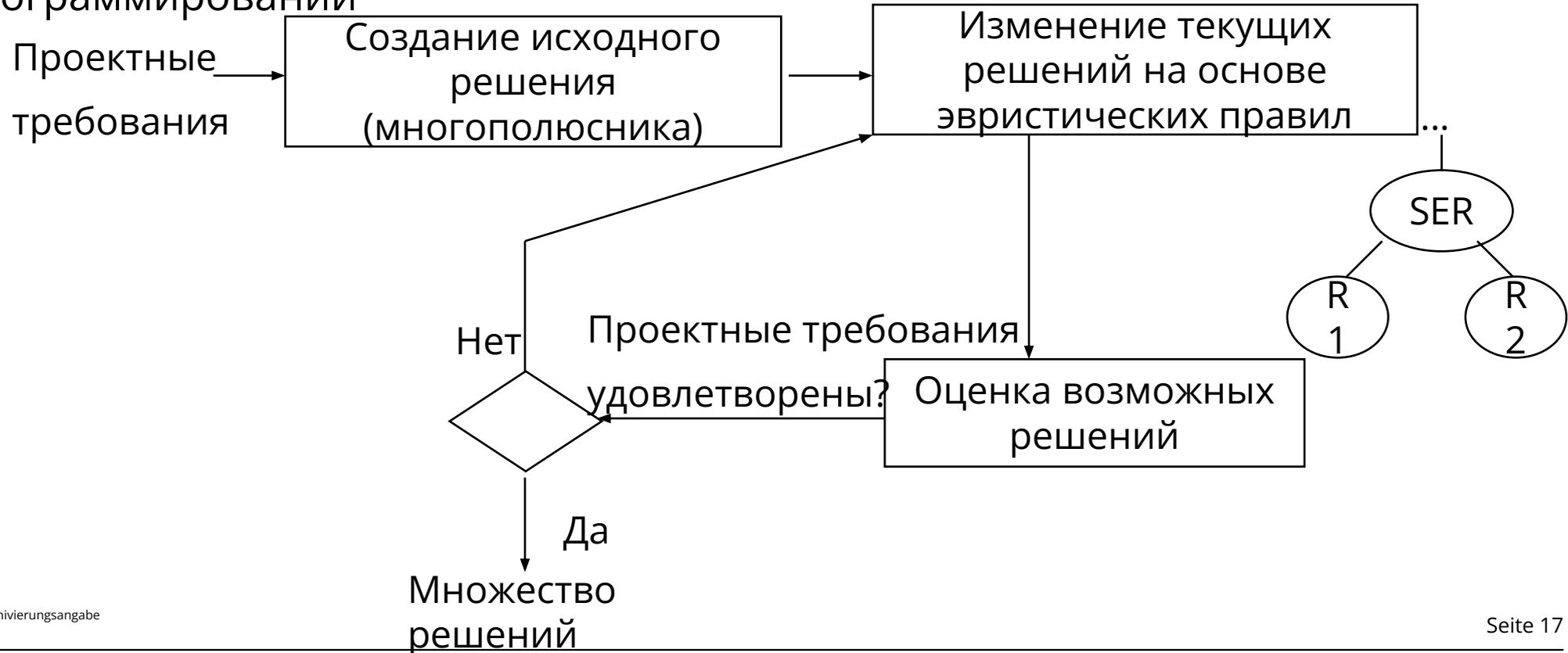
**5. Системы топологического синтеза**

6. Выводы



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

Структурная схема систем топологического синтеза, основанных на генетическом программировании



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Подходы к топологическому синтезу на основе генетического программирования

#	Авторы	Тип цепей	Число компонентов	Особенности
1	Koza et al	Фильтры, усилители, датчики температуры	20	Генетическое программирование; не имеющие физического смысла решения
2	Toumazou et al	Усилители	20	Генетическое программирование с верификацией полученных проектных решений
3	Vieira et al	Фильтры, нелинейные цепи	20	Генетическое проектирование с генерацией только корректных решений

Archivierungsangabe  
n

Seite 18

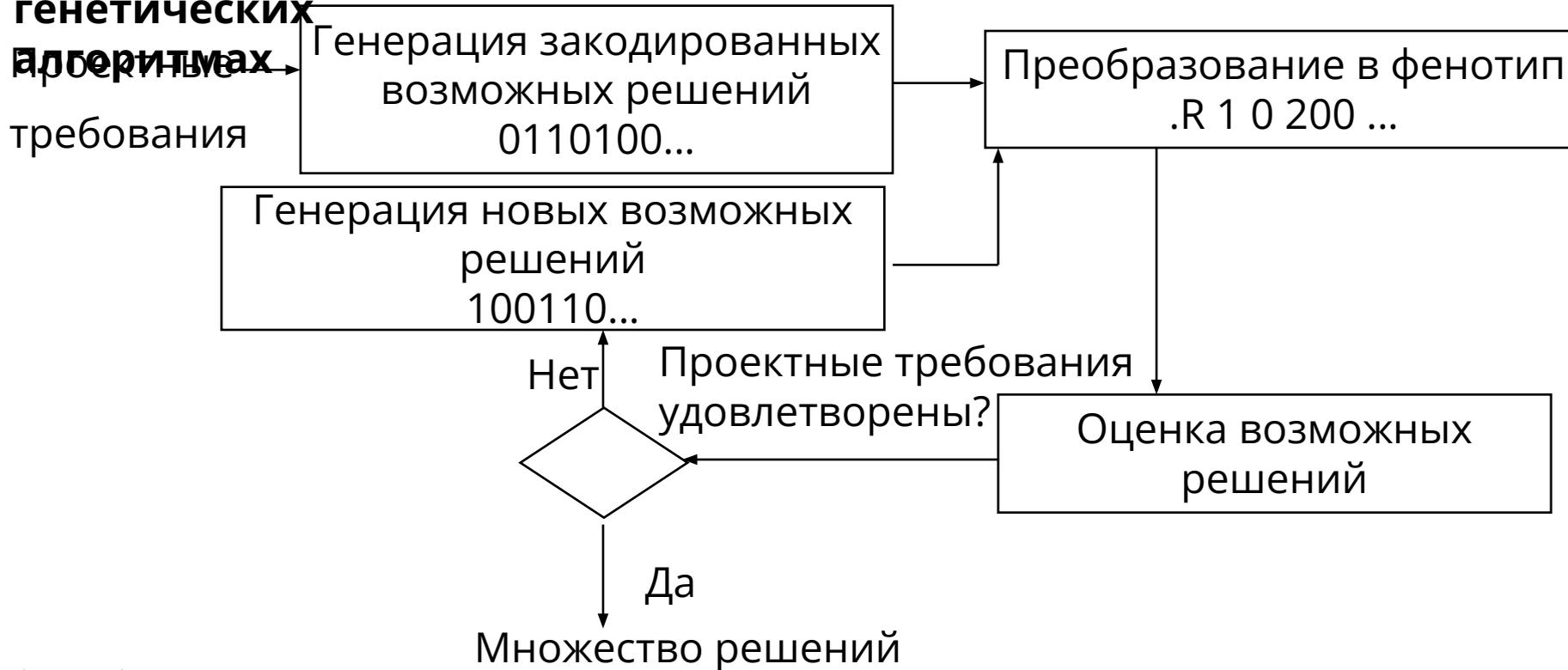


Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Структурная схема систем топологического синтеза, основанных на генетических алгоритмах



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Подходы к топологическому синтезу на основе генетических алгоритмов

#	Авторы	Тип цепей	Число компонентов	Особенности
1	Lohn et al	Фильтры, усилители	20	Генетические алгоритмы с использованием определенных правил генерации (cc-bot instructions)
2	Zebulum et al	Фильтры		Генетические алгоритмы с представлением решения произвольной длины
3	Iba et al	Фильтры	20	Генетические алгоритмы с представлением решения на основе списка компонентов
4	Chakrabarti et al	Компараторы, генераторы	20	Генетические алгоритмы с представлением решения в виде комбинации отдельных фрагментов
5	Floreano et al	Фильтры, датчики температуры	20	Генетические алгоритмы с использованием специального кодирования связей

Archivierungsangabe  
n

Seite 20

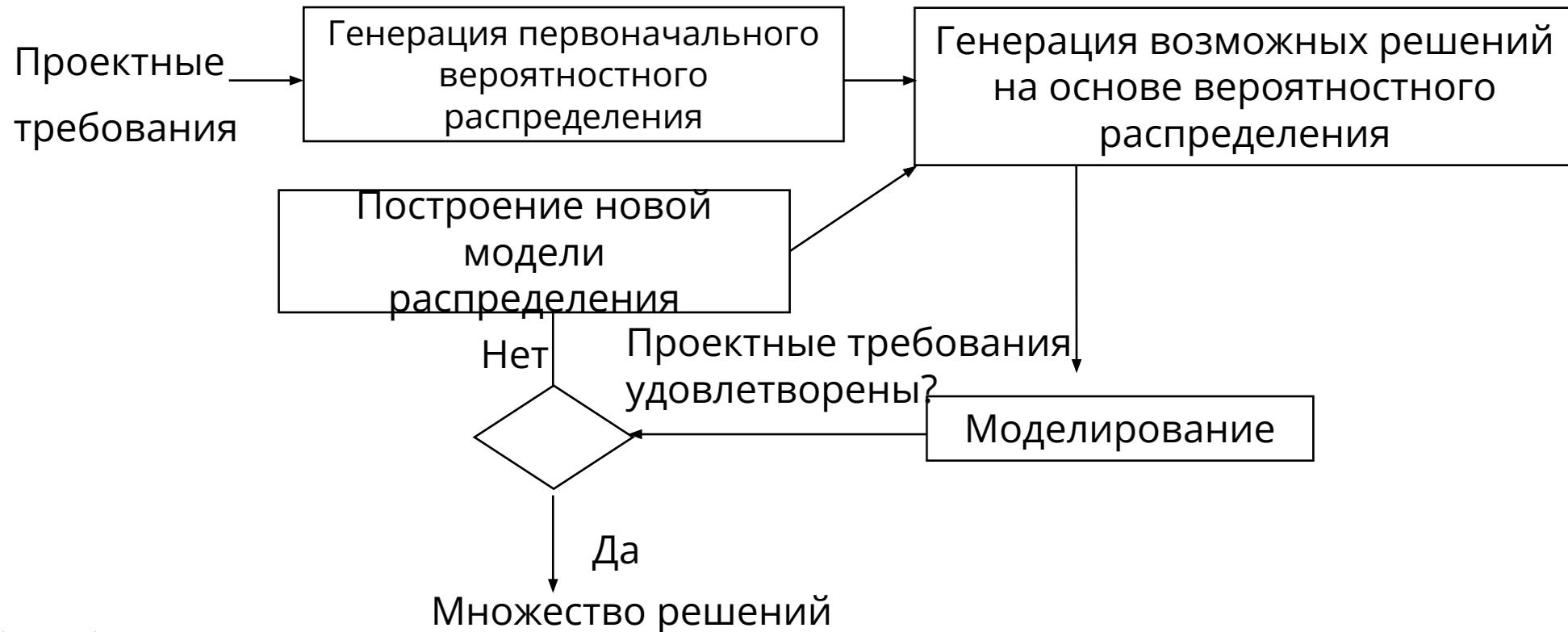


Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Структурная схема систем топологического синтеза, основанных на эволюционных вероятностных алгоритмах



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

## Подходы к топологическому синтезу на основе эволюционных вероятностных алгоритмов

#	Авторы	Тип цепей	Число компонентов	Особенности
1	Tamplin et al	Фильтры	20	Оптимизация на основе моделирования колоний муравьев
2	Coelo et al	Комбинационные цепи	20	Оптимизация на основе частично распределенного интеллекта
3	Gallagher et al	Контроллеры на основе нейронных сетей	FPGA Virtex	Оптимизация на основе компактного генетического алгоритма
4	Mülenbein et al	Фильтры, сенсоры	20	Оптимизация на основе одновариантного алгоритма распределения

Archivierungsangabe  
n

Seite 22



Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme



---

# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

1. Введение
2. Системы на основе продукционных баз знаний
3. Системы параметрической оптимизации
4. Интегрированные подходы
5. Системы топологического синтеза

## **6. Выводы**



## Выводы

- Эволюционное проектирование радиоприемных и радиопередающих устройств активно используется в промышленности и в научных исследованиях;
- В настоящее время только эволюционное проектирование способно решать задачи творческого синтеза
- При проектировании на основе эволюционных вычислений возможно оптимизация с учетом различных критериев (DFM, DFR и т.д.)

## Приложение



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

## Ресурсы

- Конференции
  - Конференции по эволюционной электронике
  - Конференции с секциями по эволюционной электронике
- Литература
  - Журналы
  - Книги
  - Web ресурсы



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

## Конференции по эволюционной электронике

### Прошедшие

- International Conference on Evolvable Systems ICES'05  
September 12-14, 2005, Barcelona, Spain
- 1st NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems (AHS-2006)  
June 15- 18, 2006, Hilton Istanbul, Turkey  
<http://ehw.jpl.nasa.gov/events/ahs2006/>

### Предстоящие:

- NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems (AHS-2007)  
August 5-6, 2007, Edinburgh, UK

Archivierungsinfo  
<http://www.see.ed.ac.uk/ahs2007/AHS.htm/>

Seite 27

- International Conference on Evolvable Systems ICES'07, 6-8 April 2007, Wuhan, China



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

## Конференции с секциями по эволюционной электронике

Прошедшие:

IEEE World Congress on Computational Intelligence,  
July 16 – 21, 2006, Vancouver, Canada  
<http://www.wcci2006.org/home.html/>

- Genetic and Evolutionary Computation Conference  
July 8 -12, 2006, Seattle, USA

Предстоящие:

- EuroGP2007 & EvoCOP2007, incorporating EvoWorkshops2007  
11-13 April, 2007, Valencia, Spain



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

## Журналы

- Genetic Programming and Evolvable Machines:  
<http://www.kluweronline.com/issn/1389-2576>
- IEEE Transactions on Evolutionary Computation:  
<http://www.ieee-nns.org/>
- Evolutionary Computation Journal (MIT Press) :  
<http://www.mitpress.mit.edu/EVCO/>
- International Journal of SMART ENGINEERING SYSTEM DESIGN  
<http://web.umn.edu/~dagli>

Тематические номера журналов:

- Soft Computing Journal

<http://www.springer.de>

- Archivierungsangabe IEE Proceedings Computer-Digital Techniques

[http://www.iee.org/Publish/Journals/ProfJourn/Proc/CDT/evolvable\\_hardware.pdf](http://www.iee.org/Publish/Journals/ProfJourn/Proc/CDT/evolvable_hardware.pdf)

Seite 29



Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

## КНИГИ

- Thompson, A., "Hardware Evolution: Automatic design of electronic circuits in reconfigurable hardware by artificial evolution", Springer-Verlag, 1998, <http://www.cogs.susx.ac.uk/users/adrianth/ade.html>
- Zebulum et Al, "Evolutionary Electronics: Automatic Design of Electronic Circuits and Systems by Genetic Algorithms", CRC Press, 2001  
[http://www.crcpress.com/shopping\\_cart/products/product\\_detail.asp?sku=0865](http://www.crcpress.com/shopping_cart/products/product_detail.asp?sku=0865)
- Sekanina, L., "Evolvable Components From Theory to Hardware Implementations", Springer, 2003, [http://www.springer.de/cgi-bin/search\\_book.pl?isbn=3-540-40377-9&cookie=done](http://www.springer.de/cgi-bin/search_book.pl?isbn=3-540-40377-9&cookie=done)
- John Koza, "Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection" MIT Press , 1992;
- Archivierungsangabe John Koza, "Genetic Programming II: Automatic Discovery of Reusable Programs" MIT Press, 1994. Seite 30



Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

## КНИГИ

- John Koza, "Genetic Programming III: Darwinian Invention and Problem Solving" Morgan Kaufmann Publishers, 1999.

John Koza, "Genetic Programming IV: Routine Human-Competitive Machine Intelligence" published by KluwerAcademic Publishers, 2003.

Goldberg, D., "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts, 1989.

- Higuchi, T. , "Evolvable Hardware and its Applications", chapter in "Computational Intelligence The Expert Speak" by Fogeland Robinson, IEEE Press, 2003.

- Miller, J. F., Thomson, P., and Fogarty, T., "Designing Electronic Circuits Using Evolutionary Algorithms. Arithmetic Circuits: A Case Study", chapter 6 in Genetic Algorithms Recent

Advancements and Industrial Applications. Wiley, 1997.

Seite 31



Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme



# Интеллектуальные системы схемотехнического проектирования

---

## Web ресурсы

<http://www.aic.nrl.navy.mil/galist/>

<http://ehw.jpl.nasa.gov>

EvoWeb, website of EvoNet-the European Network of Excellence in Evolutionary Computing

<http://evonet.lri.fr>

