Эволюционное программирование

Не естественный отбор

Н.Н. Колесников

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

© НЦБиГ СО РАН

ЭВОЛЮЦИЯ
В МИРЕ ИЗОБРЕТЕНИЙ

Джон Коза, Мартин Кин, Матью Стритер

Компьютерные программы, основанные на дарвиновских принципах эволюции, **создают изобретения**, достойные патентов.

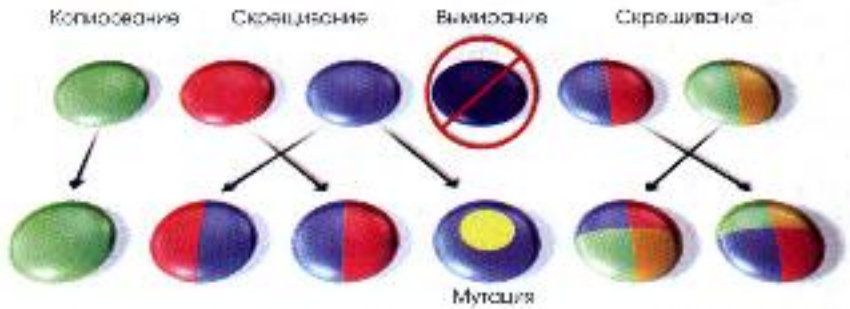
Так художник изобразил генетическое программирование, с помощью которого можно изобретать даже такие сложные вещи, как электронные схемы.

© ИЦиГ СО РАН

НЕ ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

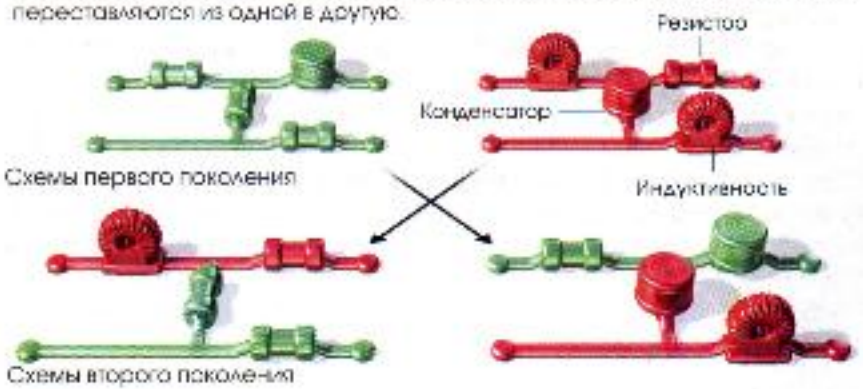
ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Новое поколение организмов (представленных здесь цветными дисками) появляется благодаря трем процессам. Одни из выживших (пригодных) особей копируются неизменными. Другие спариваются (скрещиваются) и обмениваются своими частями, чтобы произвести потомство. Небольшой процент индивидов изменяется случайным образом, т.е. мутирует. Непригодные объекты вымирают. Скрещивание приводит к возникновению новых комбинаций благоприятных свойств, и поэтому происходит чаще, чем копирование и мутация.



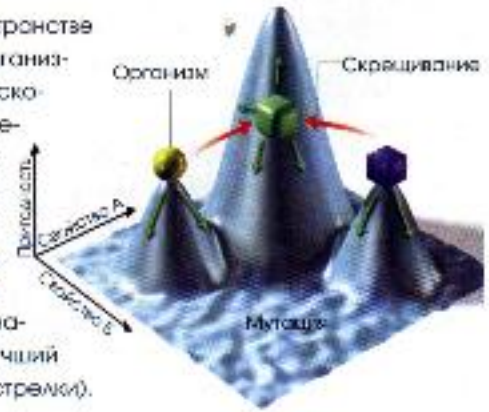
СКРЕЩИВАНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

При скрещивании двух радиоэлектронных схем некоторые их компоненты переставляются из одной в другую.

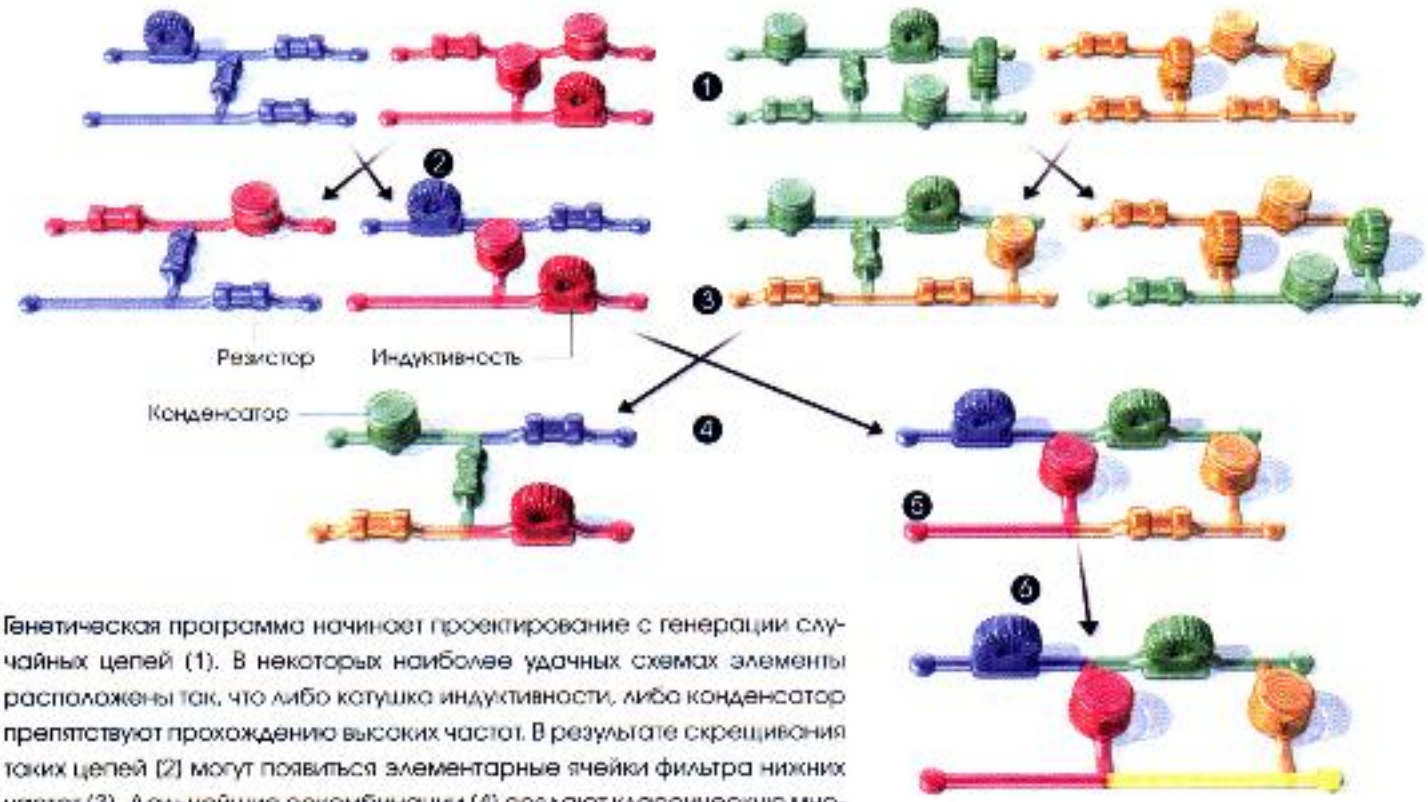


СКРЕЩИВАНИЕ И МУТАЦИЯ

Эволюция похожа на поиск в пространстве (множестве) всех возможных организмов, представленном здесь плоскостью. Скрещивание – это творческий поиск, при котором иногда комбинируются совершенно разные полезные черты, осуществляется переход в новую область, где «живут» существенно лучшие особи (красные стрелки). Мутация, напротив, стремится находить лучший из ближайших объектов (зеленые стрелки).



ЭВОЛЮЦИЯ ФИЛЬТРА НИЖНИХ ЧАСТОТ



Генетическая программа начинает проектирование с генерации случайных цепей (1). В некоторых наиболее удачных схемах элементы расположены так, что либо катушка индуктивности, либо конденсатор препятствуют прохождению высоких частот. В результате скрещивания таких цепей (2) могут появиться элементарные ячейки фильтра нижних частот (3). Дальнейшие рекомбинации (4) создают классическую многозвенную схему (5). Мутации (6) избавят устройство от лишних резисторов и подстроят параметры элементов.

ЗАПАТЕНТОВАННЫЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ, ВОСПРОИЗВЕДЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРОМ

С помощью генетического программирования повторно создано 15 ранее запатентованных изобретений.

Изобретение	Год	Изобретатель	Организация
МНОГОЗВЕННЫЙ ФИЛЬТР	1917	Джордж Кэмпбелл (George A. Campbell)	*AT&T*, Нью-Йорк
ФИЛЬТР С ПЕРЕСЕЧЕНИЯМИ	1925	Отто Юлиус Цобель (Otto Julius Zobel)	*AT&T*
УСИЛИТЕЛЬ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ	1927	Гарольд Блек (Harold S. Black)	*AT&T*
ЭЛЛИПТИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР	1934–1936	Вильгельм Кауэр (Wilhelm Cauer)	Гетингенский университет, Германия
ПИД-РЕГУЛЯТОР	1939	Альберт Каллендер (Albert Callender) и Аллан Стивенсон (Allan Stevenson)	*Imperial Chemical Ltd.*, Нортуич, Англия
РЕГУЛЯТОР ПО ВТОРОЙ ПРОИЗВОДНОЙ	1942	Гарри Джонс (Harry Jones)	*Brown Instrument Co.*, Филадельфия
ЭММИТЕРНЫЙ ПОВТОРИТЕЛЬ ДАРЛИНГТОНА	1953	Сидни Дарлингтон (Sidney Darlington)	*Bell Telephone Labs.*, Нью-Йорк
СХЕМА ФИЛБРИКА	1956	Джордж Филбрик (George A. Philbrick)	*Philbrick Researches*, Бостон
СОРТИРУЮЩАЯ СХЕМА	1962	Дэниел О'Коннор (Daniel G.O'Connor) и Раймонд Нельсон (Raymond J. Nelson)	*General Precision*, Лос-Анджелес
ГИБРИДНАЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ МИКРОСХЕМА для создания переменной емкости	2000	Тургут Сефкет Айтур (Turgut Sefket Aytur)	*Lucent Technologies*, Мэри-Хилл, Нью-Джерси
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЕ–ТОК	2000	Акира Икеучи (Akira Ikeuchi) и Наоши Токуда (Naoshi Tokuda)	*Mitsumi Electric*, Токио
КУБИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ	2000	Стефано Киприани (Stefano Cipriani) и Энтони Такешиан (Anthony A. Takeshian)	*Conexant Systems*, Ньюпорт-Бич, Калифорния
НИЗКОВОЛЬТНАЯ ТРАНЗИСТОРНАЯ СХЕМА ДЛЯ БОЛЬШИХ ТОКОВ для испытания источников напряжения	2001	Тимоти Даун-Линдберг (Timothy Daun-Lindberg) и Майкл Миллер (Michael Miller)	*IBM*, Эрмонк, Нью-Йорк
НИЗКОВОЛЬТНАЯ СИММЕТРИРУЮЩАЯ СХЕМА	2001	Санг Гу Ли (Sang Gug Lee)	Университет связи и информатики, Тэджон, Корея
НАСТРАИВАЕМЫЙ ИНТЕГРАЛЬНЫЙ АКТИВНЫЙ ФИЛЬТР	2001	Роберт Ирвин (Robert Irvine) и Бернд Колб (Bernd Kolb)	*Infineon Technologies*, Мюнхен, Германия

ЧЕЛОВЕК ПРОТИВ КОМПЬЮТЕРА

Рассмотрим две схемы кубического преобразователя. Вверху – запатентованная, разработанная инженером. Зеленые и пурпурные части нижней схемы – результат генетического программирования (остальное – стандартные входные и выходные каскады). Искусственно созданное устройство работает точнее, чем изобретенное человеком, но как оно функционирует, понять совсем не просто. Нижняя схема явно сложнее, но она содержит избыточные элементы: например отмеченный пурпурным цветом транзистор, никак не участвующий в работе преобразователя.

Схема, созданная человеком

Схема, созданная генетической программой

ЕЩЕ НЕСКОЛЬКО ИНТЕРЕСНЫХ РАЗРАБОТОК

Кроме воссоздания уже запатентованных изобретений генетическое программирование приносит плоды, которыми могли бы гордиться люди.

ФУТБОЛЬНАЯ ПРОГРАММА расположилась в середине списка из 34 программ, написанных людьми для соревнования RoboCup-1998.

АНАЛОГОВАЯ СХЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ для оптимального управления роботом.

ЧЕТЫРЕ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМА для идентификации трансмембранных сегментов различных белков.

ВЫВЕДЕНИЕ ЛЕЙТМОТИВОВ (хорошо сохраняющихся фрагментов аминокислот) для идентификации некоторых семейств белков.

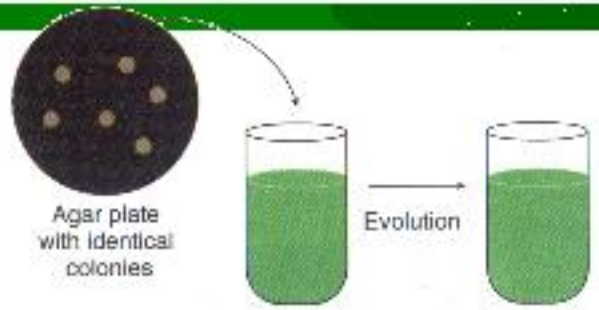
АЛГОРИТМЫ ДЛЯ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ, которые в ряде случаев решают задачи лучше, чем любой из ранее опубликованных.

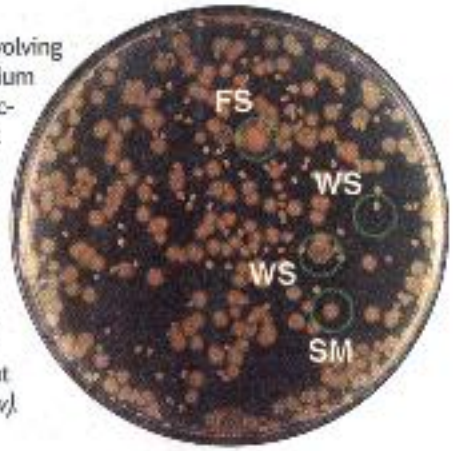
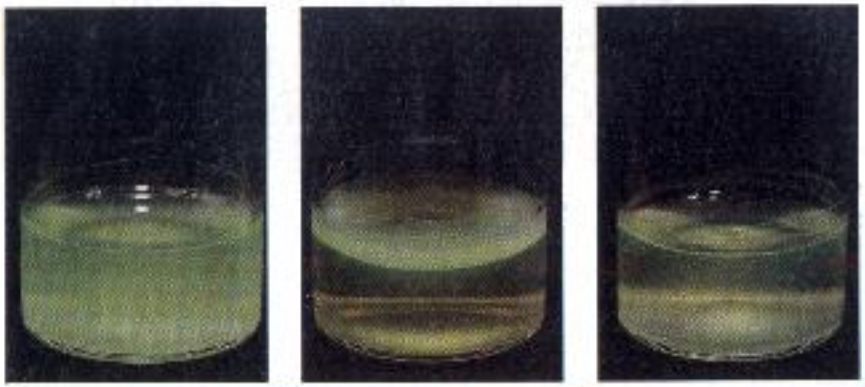
ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА для выполнения операции «НЕ–И» по двум входам.

АНАЛОГОВЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ квадрата, куба, квадратного и кубического корня, логарифма и функций Гаусса.

СХЕМЫ ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО И АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ.

© НЦБГ СО РАН





Finding a niche. After evolving in a vial of culture medium *(above)*, once-identical bacteria build three different kinds of colonies on a plate *(middle)*: smooth morph (SM), wrinkly spreader (WS), and fuzzy spreader (FS). Reintroducing each type into a pristine vial shows that they have specialized to live in different parts of the medium *(below)*.