



The 6th International Conference
«Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education»
Dubna, June 30 - July 5, 2014

Неоднородные клеточные генетические алгоритмы



Ершов Н.М.

ershovnm@gmail.com

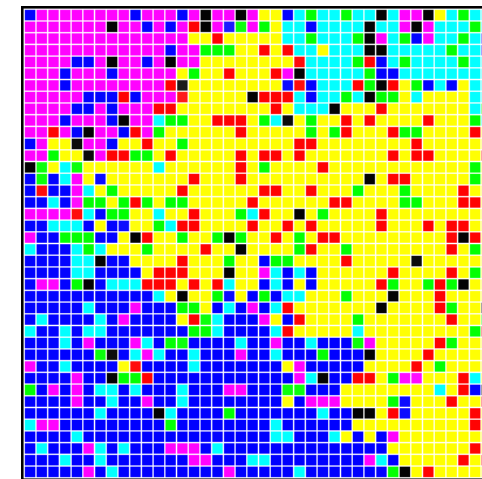


*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
факультет вычислительной математики и кибернетики*

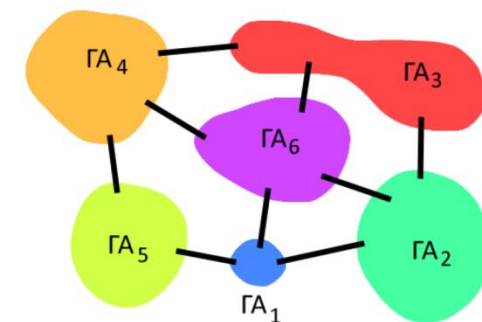
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №14-07-00628 А)

Потеря разнообразия в эволюционных алгоритмах

- Стандартная проблема большинства эволюционных алгоритмов оптимизации (в том числе, генетических) – потеря разнообразия популяции и, как следствие, попадание всей системы в локальный экстремум функции качества. Один из способов решения этой проблемы – метод имитации отжига (искусственное поддержание разнообразия на начальном этапе работы алгоритма).
- **Клеточные генетические алгоритмы** – другой вариант решения этой же проблемы. Суть метода заключается в том, что все особи популяции ГА помещаются в отдельные клетки (одно решение в одну клетку) некоторой клеточной структуры, например, прямоугольной решетки. Особенностью клеточных ГА является то, что все «бинарные» генетические операторы в них применяются только к решениям, расположенным в соседних клетках.
- Клеточная модель считается «мягким» вариантом островной модели, потому что и в ней в силу пространственного распределения особей по клеточной структуре возможно образование устойчивых субпопуляций (схем ГА). Между такими субпопуляциями отсутствуют явные границы и поэтому между ними возникает свой вариант конкурентной борьбы за выживание. Поэтому клеточные генетические алгоритмы могут служить и в качестве моделей различных популяционных динамик.



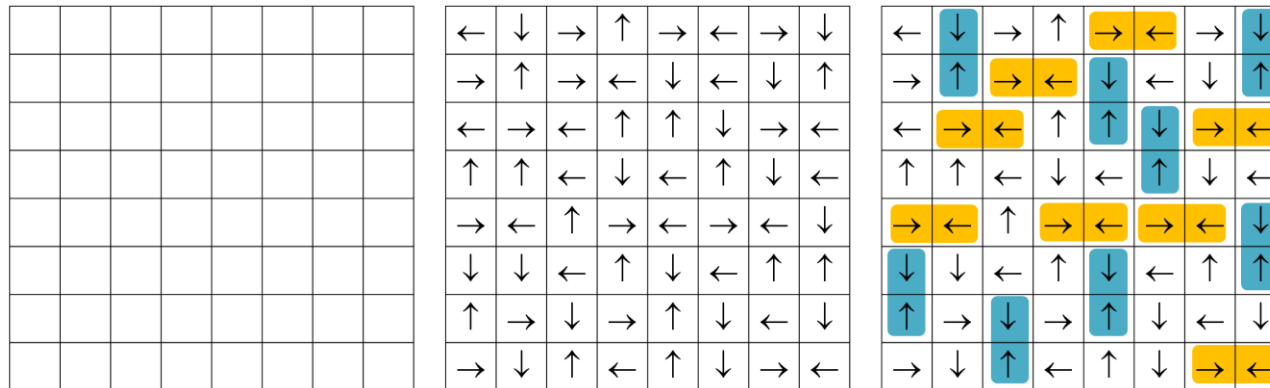
Клеточный генетический алгоритм



Островная модель

Клеточные генетические алгоритмы

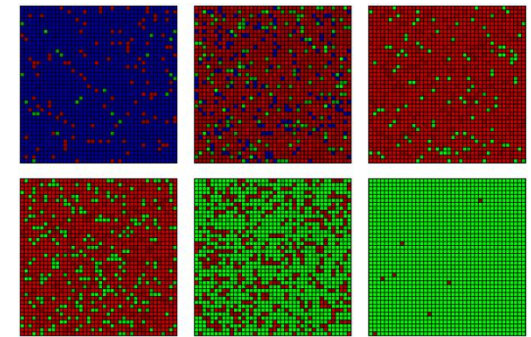
- В стандартном варианте клеточных генетических алгоритмов три генетических оператора (отбор, скрещивание и миграция) реализуются в форме одного сложного оператора. В настоящей работе предлагается вариант клеточного генетического алгоритма, в котором все перечисленные операторы применяются последовательно и **независимо** друг от друга.
- Для отбора предлагается использоваться **турнирный** метод, при этом все клетки разбиваются на пары соседей и каждая пара борется за выживание. Для разбиения на пары, каждая клетка случайным образом выбирает одно из четырех направлений (вверх, вниз, вправо, влево). Две клетки образуют пару, если они «смотрят» друг на друга.



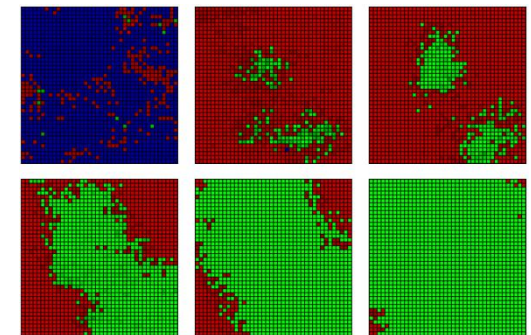
- По такой же схеме реализуется и скрещивание – пара соседних решений с некоторой вероятностью скрещиваются и новые решения записываются вместо своих родителей.
- По аналогии с островной моделью вводится и понятие миграции, которая также реализуется с учетом соседства клеток – две соседние клетки с некоторой вероятностью обмениваются своим содержимым.

Неоднородные клеточные генетические алгоритмы

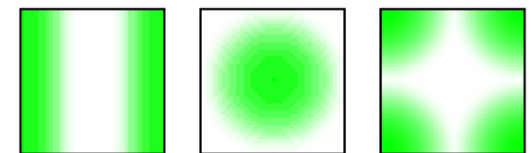
- Проблемой однородных (клеточных или нет) генетических алгоритмов является то, что в конце концов они сходятся к однородной популяции. В такой популяции практически все особи имеют одинаковые геномы, поэтому наиболее мощный генетический оператор – скрещивание – перестает работать. Если алгоритм попал в локальный экстремум, то выйти из него можно только за счет мутации. Если мутация локальна, а более хорошее решение значительно удалено от найденного, то вероятность выхода из данного локального минимума оказывается очень низкой.
- Используя клеточные генетические алгоритмы, оказывается возможным поддерживать разнообразие популяции сколь угодно долгое время, не теряя при этом сходимости. Суть идеи заключается в том, что в некоторые параметры генетического алгоритма делаются зависимыми от положения особи в клеточном пространстве. В простейшем варианте такой модификации подвергается степень мутации. В одних областях мы делаем значение этого параметра высоким, в других – низким. Поэтому, первые области будут **все время** генерировать достаточно случайные решения, поддерживая, таким образом, необходимое разнообразие всей популяции. Области второго типа будут использоваться по своему основному назначению – селекции и скрещиванию лучших решений.



Эволюция однородного генетического алгоритма

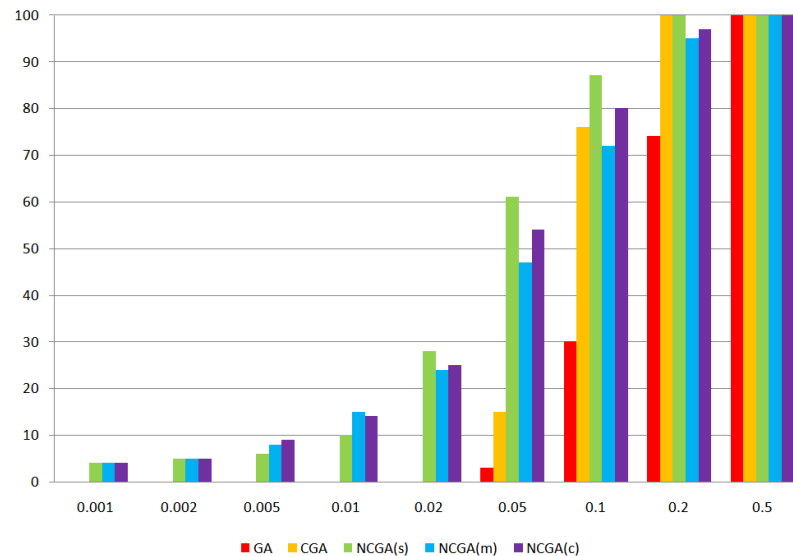
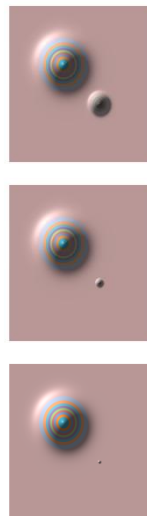
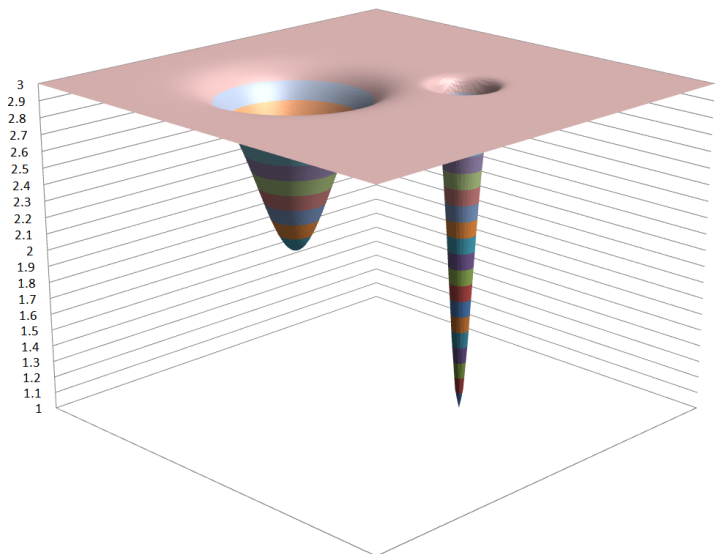


Эволюция однородного клеточного генетического алгоритма



Градиент величины мутации в неоднородных клеточных ГА

Минимизация бимодальной функции

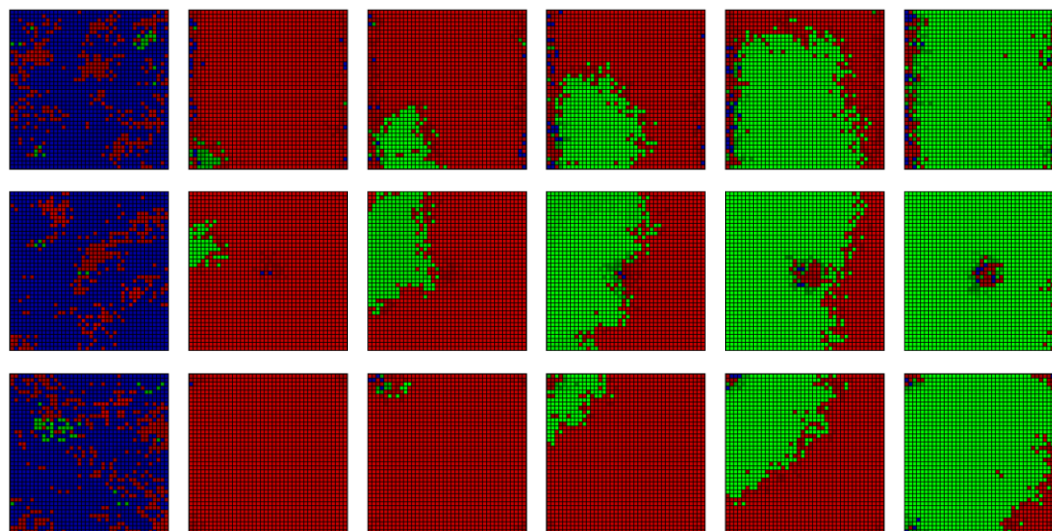


Частота правильных ответов от ширины глобального минимума k

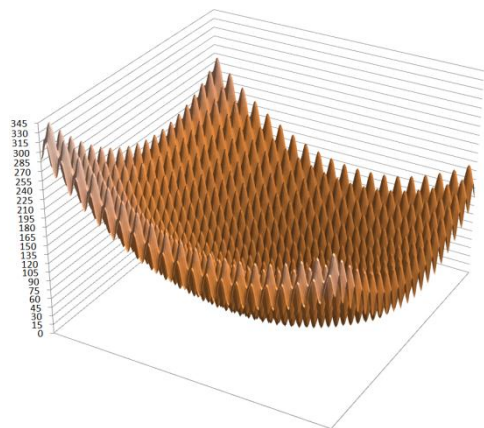
$$F(k, x, y) = G(1, x + 5, y + 5) + 2G(k, x - 5, y - 5)$$

$$G(\sigma, x, y) = 1 - e^{-\frac{x^2 + y^2}{20\sigma}}$$

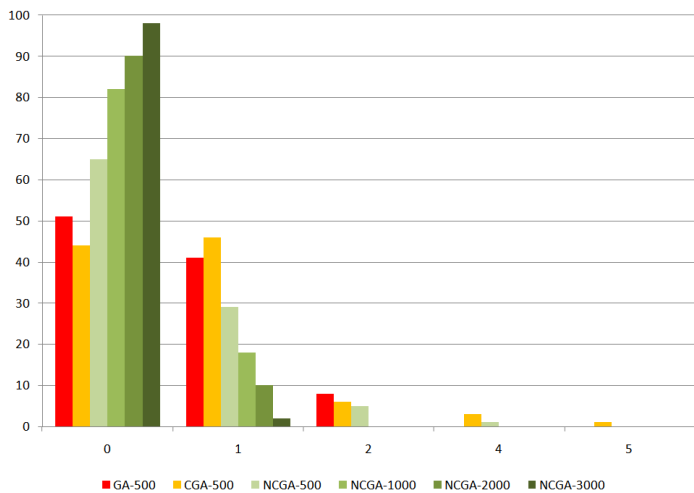
- → область глобального минимума
- → область локального минимума
- → область вне минимумов



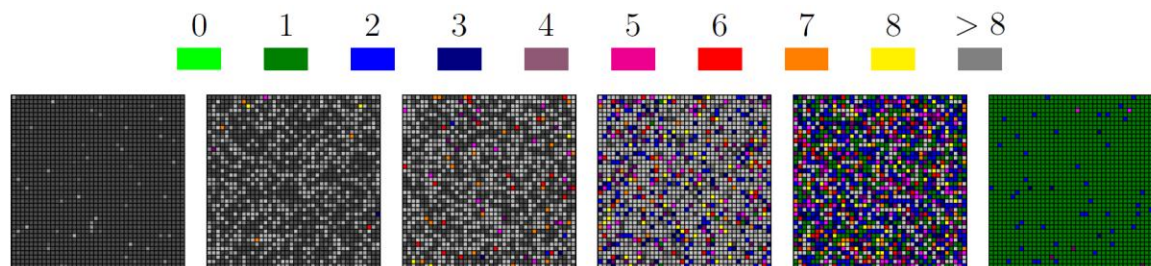
Минимизация двумерной мультимодальной функции



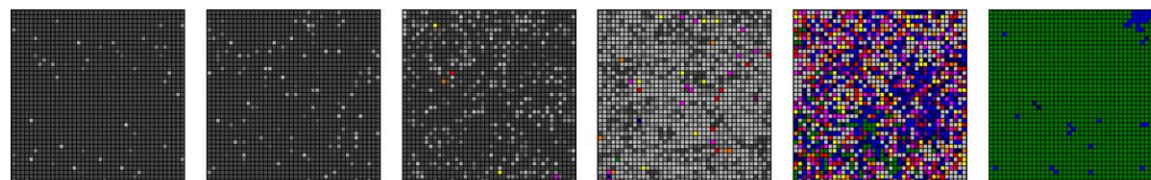
Функция Растригина



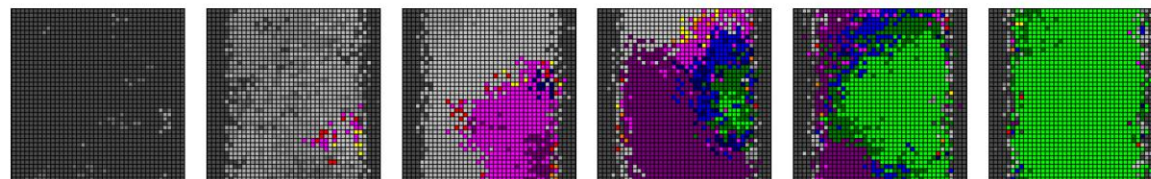
Частота попаданий в локальные минимумы



Эволюция однородного генетического алгоритма

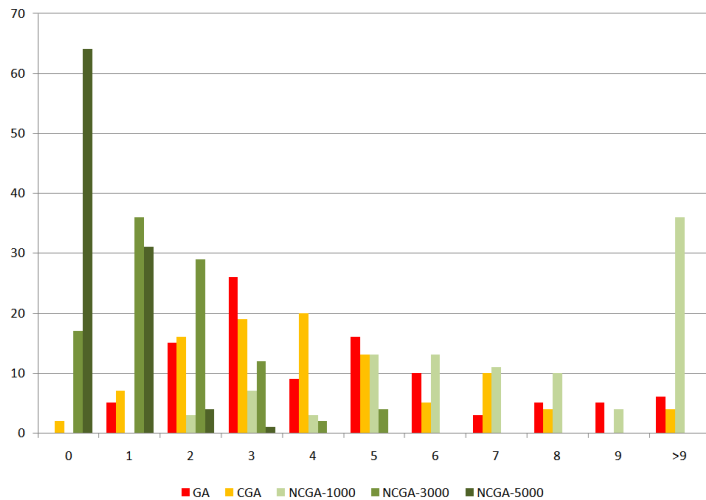


Эволюция однородного клеточного генетического алгоритма



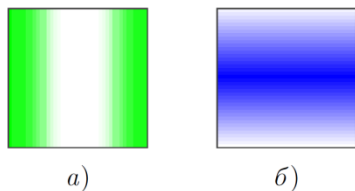
Эволюция неоднородного клеточного генетического алгоритма

Минимизация многомерных мультимодальных функций

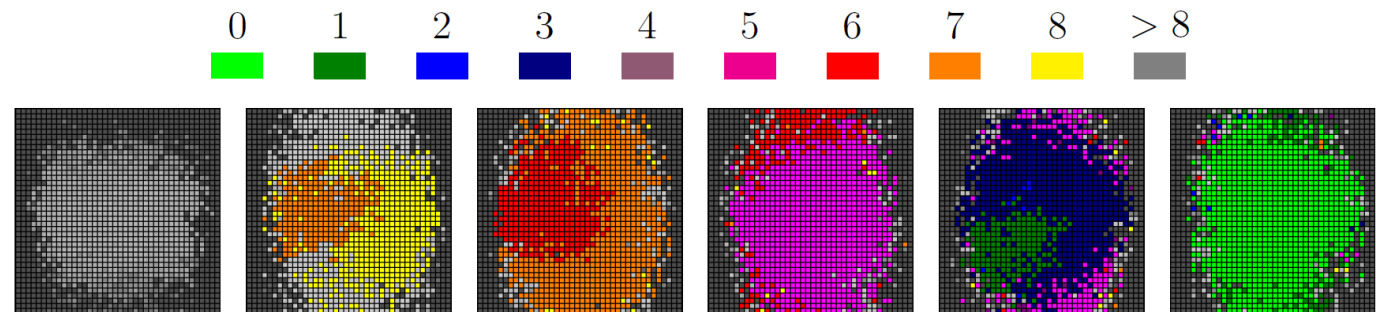


Частота попаданий в локальные минимумы для 10-мерной функции Растригина

Исследовалась частота попадания генетического алгоритма в локальные минимумы 10-мерной функции Растригина. Первые расчеты показали, что даже неоднородные алгоритмы не способны обнаружить глобальный минимум (а также близкие к нему локальные минимумы). Поэтому в алгоритм была внесена еще одна неоднородность: вероятность выполнения оператора отбора для двух особей из соседних клеток была сделана зависящей от вертикальной координаты. Таким образом, сверху и снизу клеточного поля отбор практически не работает, что дает образующимся за счет высокой мутации в угловых областях особям больше времени на улучшение целевой функции.

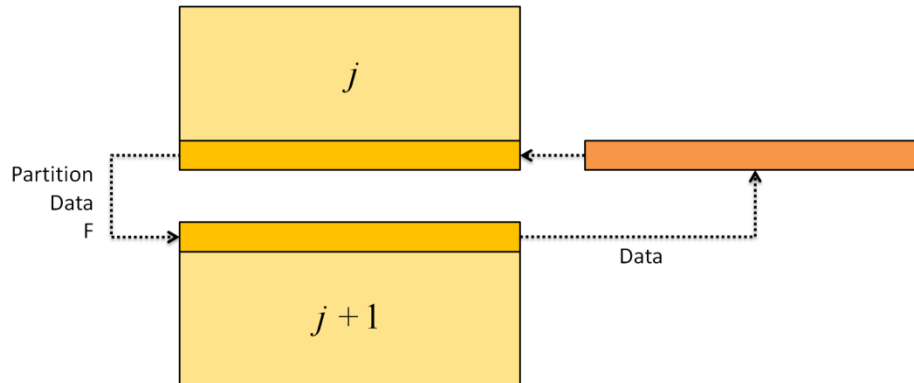


Градиент
а) величины мутации;
б) вероятности отбора



Эволюция неоднородного клеточного генетического алгоритма

MPI-реализация неоднородных клеточных ГА



Разбиение клеточного поля на горизонтальные полосы

Схема обмена данными между соседними процессами

Была выполнена MPI-реализация предложенного варианта клеточных генетических алгоритмов, в которой клеточное поле делилось на горизонтальные полосы. Такая схема подходит для систем с небольшим числом процессоров.

Если число доступных процессоров является большим, то имеет смысл рассмотреть реализацию, в которой поле делится на квадратные блоки.

В дальнейшем предполагается реализовать предложенную версию клеточных генетических алгоритмов на GPU-системах.

