

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ P-СПЛАЙНА В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

У Даньни, Е.Ю. Репина

Е. А. Кочегурова

Томский политехнический университет

danni\_0815@163.com

## Введение

Одним из подходов к решению задачи краткосрочного прогнозирования является использование аппроксимирующей функции, допускающей реализацию в реальном времени. Таким математическим аппаратом может быть рекуррентный сглаживающий P-сплайн [1]. Качество прогноза на основе P-сплайна во многом определяется оптимизацией варьируемых параметров.

Ниже предложены результаты анализа двух методов векторной оптимизации.

1. Генетический алгоритм – алгоритм поиска глобального оптимума. Он предназначен для имитации процесса биологической эволюции, включающей этапы: селекции, скрещивания, комбинации и мутации по закону естественного отбора [2]. Биологический принцип "выживает наиболее приспособленный" открыт Ч. Дарвином в 1859 г.

Схема алгоритма:



2. Иммуный алгоритм – оптимизационная технология, использующая понятия теоретической иммунологии для решения прикладных задач. Один из иммунных алгоритмов основан на теории клоновой селекции и носит название - клоновой селекции. Алгоритм использует биологический аналог приобретенного иммунитета, и используются для решения задач оптимизации.

В задачах оптимизации имеются следующие биологические аналоги: антиген – целевая функция, антитело – оптимальное решение, аффинность – соответствие решения задачи и целевой функции. Аффинность можно оценить одним из показателей точности, например, среднеквадратическая ошибка оптимизации. И соответственно аффинность возрастает при уменьшении погрешности оптимизации.

Алгоритм клоновой селекции включает четыре основных шага: клоновая селекция, клон клеток, мутация и создание новых клеток [3].

Схема алгоритма:



## Описание эксперимента

Выбранный в качестве прогнозной модели аппарат P-сплайнов имеет ряд настраиваемых параметров [1]. Основными из них являются:  $h$  - число измерений внутри звена сплайна,  $\rho$  - сглаживающий множитель.

Множитель  $\rho$  нормирован и поэтому  $\rho \in [0,1]$  и может задаваться с любой точностью. Значения параметра  $h \in [3,20]$ . Нижняя граница  $h$  определена требованиями сплайна 3 порядка, верхняя - ограничениями реального времени.

Для исследования влияния параметров P-сплайна на качество прогноза были выбраны две тестовые функции:

$$y_1(t) = 10 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot i}{100}\right) \quad (1)$$

$$y_2(t) = \sin\left(\frac{\pi \cdot i}{20}\right) \cdot e^{0.02t} + 3 \quad (2)$$

Для оценки качества сглаживающих и прогнозирующих свойств сплайна  $S(t)$  используется приведенная среднеквадратическая погрешность, выраженная в процентах  $MSPE$ .

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S(t_i) - y_j(t_i))^2}, \quad (3)$$

$$MSPE = \frac{MSE}{|y_{\max} - y_{\min}|} \cdot 100 [\%],$$

В (3)  $n=100$  – число измерений;  $K=200$  – число

