

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФИТНЕСА И ДИНАМИКА РЕПЛИКАТОРНЫХ СИСТЕМ

Прокопенко Валерия Валерьевна

E-mail: lgeek19@mail.ru

Кафедра системного анализа

Научный руководитель: д.ф.-м.н., проф., Братусь Александр Сергеевич

В работе исследуется репликаторная система с геном-мутатором, то есть способностью отвечать на внешнее воздействие. Предложенная модель описывает ответ на лекарственное воздействие (терапию) раковых заболеваний, бактериальных и вирусных инфекций. Цель работы — отыскание оптимальной стратегии ответа системы (мутации) на воздействие лекарственного средства (терапии).

Для этой цели была построена модифицированная модель квазивидов М. Эйгена. Каждому виду был поставлен в соответствие двоичный код по следующему принципу: чем больше фенотип вида отличается от фенотипа основного вида в смысле расстояния по Хэммингу, тем меньше его смертность от воздействия лекарственного средства. Модель была задана в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{du_i}{dt}(t) = e^{-\gamma S} \left(\sum_{j=1}^l p^{n-k_{ij}} (1-p)^{k_{ij}} \alpha_j u_j(t) \right) - d_i u_i(t),$$

$$u_i(0) = u_i^0, \quad i = 1, 2, \dots, 2^n, \quad S = \sum_{i=1}^l u_i(t),$$

где:

u_i — относительная численность i -го вида,

k_{ij} — расстояние по Хэммингу между кодами видов i и j ,

d_i — коэффициент смертности при введении терапии основного вида (обратно пропорционален расстоянию по Хэммингу между кодом i -го вида и кодом основного вида),

p — вероятность безошибочной репликации.

Были рассмотрены системы с размерностями, позволяющими смоделировать реальное течение болезни (от 2^4 до 2^{10} видов).

В работе были доказаны утверждения, показывающие, что фитнес системы является ограниченной функцией, а также был осуществлён поиск стратегии мутации, позволяющий максимально увеличить средний фитнес системы в ответ на терапию основного вида.

Показано, что вне зависимости от количества выделенных видов и вероятности безошибочной репликации, приоритет отдается виду, фенотип

которого максимально отличается от фенотипа основного вида, и сокращается поддержка жизнедеятельности остальных видов.

Для систем малой размерности (порядка 2^4 видов) фитнес системы после мутации оказывается выше, чем фитнес системы без мутации.

Литература

1. Eigen M., Schuster P. *The hypercycle: A principle of natural selforganisation*. Berlin-Heidelberg, Springer, 1979.
2. Loeb L.A. *Human cancers express mutator phenotypes: origin, consequences and targeting*. Nature Reviews Cancer, V.11, №6, 2011, p. 450 — 457.
3. Birch J. *Natural selection and the maximization of fitness*. Biological Reviews, V.91, №3, 2016, p. 712 — 727.