

# СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИНАМИКИ КЛЕТОК

Гребенников Д.С., Бочаров Г.А.<sup>1</sup>

МФТИ, ФПФЭ, каф. ММФП, Россия, 141700, Московская область,  
г. Долгопрудный, Институтский пер., 9, dmitry.ew@gmail.com  
<sup>1</sup>ИВМ РАН, Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, 8, bocharov@inm.ras.ru

Во многих иммунологических процессах важную роль играет динамика пространственного распределения клеток. Так, эффективность клеточного иммунного ответа определяется частотой контактов цитотоксических Т-лимфоцитов CD8<sup>+</sup> с дендритными клетками, которые презентруют специфичные антигенные пептиды на своей поверхности. Процессы активации и ответа Т-клеток происходят во вторичных лимфоидных органах, например, в лимфоузлах. До начала специфического иммунного ответа концентрация специфичных к вирусу Т-клеток мала, поэтому для эффективного привлечения Т-клеток дендритные клетки секретируют хемокины. Моделирование хемотаксиса является ключевым моментом для описания динамики миграции клеток в лимфоузле [1, 2].

Удачным и гибким подходом к моделированию миграции клеток оказались стохастические клеточные модели Поттса (Cellular Potts Model) [3,4]. Они позволяют учитывать: изменчивость формы клеток; поведение различных клеток; процессы хемо- и хаптотаксиса, деления, гибели клеток, и др. [5]

Нами была реализована базовая модель СРМ (в двумерном пространстве), проиллюстрировано ее применение на тестовых задачах роста, деления, взаимодействия и хемотаксиса клеток. Реализованы два вида сеток - квадратная и шестигранная регулярные решетки. На шестигранной решетке отсутствуют дефекты, связанные с анизотропией квадратной решетки.

Результаты исследований будут использованы для реализации трехмерной модели и включения ее в многомасштабную интегративную модель динамики ВИЧ-инфекции для анализа острой фазы специфического иммунного ответа.

## Литература

1. Цинкернагель Р. М. Основы иммунологии — Москва: Издательство «Мир», 2008, 20-61 стр.
2. Vroomans RMA, Maree AFM, de Boer R.J., Beltman J.B. Chemotactic Migration of T Cells towards Dendritic Cells Promotes the Detection of Rare Antigens. // *PLoS Comput Biol* **8(11)**, 2012, 1-12
3. Graner F, Glazier J.A. Simulation of biological cell sorting using a two-dimensional extended Potts model. // *Phys Rev Lett* **69**, 1992, 2013–2016.
4. Glazier J.A., Graner F Simulation of the differential adhesion driven rearrangement of biological cells. // *Phys Rev E* **47**, 1993, 2128–2154.
5. Savill, N.J., Hogeweg, P. Modelling morphogenesis: from single cells to crawling slugs. // *J. Theor. Biol.* **184**, 1997, 229 – 235.