

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФУНКЦИОНАЛОВ ОТ РЕШЕНИЯ К МАЛЫМ ВОЗМУЩЕНИЯМ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФЕКЦИЙ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ ПОЛОВЫМ ПУТЕМ С ДИНАМИЧЕСКИМ РИСКОМ ИНФИЦИРОВАНИЯ

Носова Е. А., Шутяев В. П.¹

ФГУ ЦНИИ ОИЗ, Россия, 127254, г. Москва, ул. Добролюбова д. 11, 8(495)619-90-32,
nosova@mednet.ru

¹ИВМ РАН, Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 8, 8(495)938-37-65,
shutyaev@inm.ras.ru

Изучение динамики инфекций, передаваемых половым путем (ИППП) важно для разработки эффективных противоэпидемических мероприятий.

Модель распространения ИППП с динамическим риском инфицирования предполагает, что в популяции численностью N индивидов существуют n групп, различающихся склонностью вступать в рискованные контакты. В каждой группе риска I_i индивидов инфицированы и $S_i(t) = N_i(t) - I_i(t)$ восприимчивы к инфекции. Тогда динамика численности популяции может быть описана с помощью системы уравнений вида:

$$\begin{cases} \frac{dS_i}{dt} = f_i + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}^S S_j - \omega_i \sum_{j=1}^n p_{ij} I_j S_i \\ \frac{dI_i}{dt} = \omega_i \sum_{j=1}^n p_{ij} I_j S_i + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}^I I_j \end{cases} \quad i = \overline{1, n} \quad (1)$$

где $f_i, \alpha_{ij}^S, \alpha_{ij}^I, \omega_i, p_{ij}$ – постоянные коэффициенты – параметры модели.

Для исследования возможностей управления необходимо задать функционал, изменение которого указывает на качество осуществляемого управления. Анализ чувствительности этого функционала к малым возмущениям параметров модели позволяет делать выводы о характере изменений в популяции.

Наиболее распространен статистический метод анализа, суть которого состоит в реализации некоторого достаточного количества испытаний – решения модели с возмущенными параметрами. Влияние возмущения параметров модели на функционал оценивается статистически. Одним из недостатков метода является необходимость многократного повторения алгоритма решения задачи с разными значениями параметров. Другой способ основан на идее сопряженных операторов, требует некоторых аналитических выкладок и фактически сводится к однократному решению двух задач прямой и сопряженной.

В настоящей работе приведены результаты аналитического исследования чувствительности функционалов от решения к малым возмущениям параметров модели с помощью сопряженных уравнений, расчет и сравнение с регрессионным анализом на примере модели распространения ВИЧ-инфекции.