

Инструкция

Программа решает задачу идентификации параметров $\tilde{\lambda}_1 = \lambda_1/100, \tilde{\lambda}_2 = \lambda_2/0.1, \tilde{k}_1 = k_1/0.001, \tilde{k}_2 = k_2$ (обратную задачу) для математической модели динамики ВИЧ инфекции по дополнительной информации о концентрациях Т-лимфоцитов (инфицированных и неинфицированных) $T_1 + T_1^*$, свободного вируса V и иммунных эффекторов E в фиксированные моменты времени $t_k, k = 1, \dots, K$ (см. аннотацию к программе). В программе рассматривается зашумленная дополнительная информация с N %-ым Гауссовским шумом.

Алгоритм решения обратной задачи основан на комбинации метода наименьших квадратов и генетического алгоритма (H.Th. Banks, S.I. Kabanikhin, O.I. Krivorotko and D.V. Yermolenko. A numerical algorithm for constructing an individual mathematical model of HIV dynamics at cellular level // J.Inverse Ill-Posed Probl. 2018; 26(6):859–873. DOI:10.1515/jiip-2018-0019).

В программе рассматривается временной промежуток развития болезни – $T = 100$ дней и разбиение области $(0, T)$: $\omega = \{t_j : t_j = jh_t, h_t = T/N_t, j = 1, \dots, N_t, N_t = 10000\}$.

Входные данные: *exact_parameters.txt, initial_data.txt, Noise_measurements.txt*.

- *exact_parameters.txt* – текстовый файл, содержащий точные значения определяемых параметров.

Содержимое файла:

$\tilde{\lambda}_1^{ex}$

$\tilde{\lambda}_2^{ex}$

\tilde{k}_1^{ex}

\tilde{k}_2^{ex}

Здесь $\tilde{\lambda}_1^{ex} \in (0, 1)$ – точное значение параметра $\tilde{\lambda}_1$ (скорость производства Т-лимфоцитов), $\tilde{\lambda}_2^{ex} \in (0, 1)$ – точное численное значение параметра $\tilde{\lambda}_2$ (скорости производства макрофагов), $\tilde{k}_1^{ex} \in (0, 1)$ – точное значение параметра \tilde{k}_1 (скорость инфицирования Т-лимфоцитов), $\tilde{k}_2^{ex} \in (0, 1)$ – точное значение параметра \tilde{k}_2 (скорость инфицирования макрофагов).

Все значения, вводимые в файл, – вещественные числа. Формат вводимых значений: **a.b**. Здесь **a** – целая часть числа, **b** – дробная часть числа.

По умолчанию файл заполнен следующими значениями:

0.1

0.3198

0.8

0.1

- *initial_data.txt* – текстовый файл, содержащий начальные данные для математической модели динамики ВИЧ-инфекции.

Содержимое файла:

T_1^0

T_2^0

T_1^{0*} T_2^{0*} V^0 E^0

Здесь T_1^0 [клетки/мкл] - концентрация неинфицированных Т-лимфоцитов в начальный момент времени, T_2^0 [клетки/мкл] - концентрация неинфицированных макрофагов в начальный момент времени, T_1^{0*} [клетки/мкл] - концентрация инфицированных Т-лимфоцитов в начальный момент времени, T_2^{0*} [клетки/мкл] - концентрация инфицированных макрофагов в начальный момент времени, V^0 [копии/мкл] - концентрация свободного вируса в начальный момент времени, E^0 [клетки/мкл] - концентрация иммунных эффекторов в начальный момент времени.

Все значения, вводимые в файл, – вещественные числа. Формат вводимых значений: **a.b**. Здесь **a** – целая часть числа, **b** – дробная часть числа.

По умолчанию файл заполнен следующими значениями:

500.0

4.8

5.0

0.01

10.0

0.015

- *Noise_measurements.txt* – текстовый файл, содержащий информацию о проценте вносимого Гауссовского шума и количестве измерений по времени.

Содержимое файла:

 N K

Здесь $N \in \{5, 10, 15\}$ - процент Гауссовского шума, который вносится в данные, $K \in \{4, 8, 15\}$ - количество измерений по времени. $K = 4$ соответствует взятию анализов(измерений) 1 раз в месяц, $K = 8$ соответствует взятию анализов(измерений) 1 раз в 2 недели и $K = 15$ соответствует взятию анализов(измерений) 1 раз в неделю.

Все значения, вводимые в файл, – целые числа.

По умолчанию файл заполнен следующими значениями:

10

15

Выходные данные: *estimated_parameters.txt*, *relative_error.txt*, *DP_for_est_param.txt*.

- *estimated_parameters.txt* – текстовый файл, содержащий полученные значения определяемых параметров.

Содержимое файла:

λ_1^{est} λ_2^{est} k_1^{est} k_2^{est}

Здесь λ_1^{est} – полученное значение параметра λ_1 (скорость производства Т-лимфоцитов), λ_2^{est} – полученное численное значение параметра λ_2 (скорости производства макрофагов), k_1^{est} – полученное значение параметра k_1 (скорость инфицирования Т-лимфоцитов), k_2^{est} – полученное значение параметра k_2 (скорость инфицирования макрофагов).

Все значения, выводимые в файл, – вещественные числа. Формат выходных значений: **a.b**. Здесь **a** – целая часть числа, **b** – дробная часть числа.

- *relative_error.txt* – текстовый файл, содержащий значения относительных ошибок определяемых параметров.

Содержимое файла:

 $rel_err(\lambda_1)$ $rel_err(\lambda_2)$ $rel_err(k_1)$ $rel_err(k_2)$ rel_err

Здесь $rel_err(\lambda_1) = \frac{|\lambda_1^{est} - \lambda_1^{ex}|}{|\lambda_1^{ex}|}$ – полученное значение относительной ошибки параметра λ_1 , $rel_err(\lambda_2) = \frac{|\lambda_2^{est} - \lambda_2^{ex}|}{|\lambda_2^{ex}|}$ – полученное значение относительной ошибки параметра λ_2 , $rel_err(k_1) = \frac{|k_1^{est} - k_1^{ex}|}{|k_1^{ex}|}$ – полученное значение относительной ошибки параметра k_1 , $rel_err(k_2) = \frac{|k_2^{est} - k_2^{ex}|}{|k_2^{ex}|}$ – полученное значение относительной ошибки параметра k_2 , $rel_err = \frac{\sqrt{(\lambda_1^{est} - \lambda_1^{ex})^2 + (\lambda_2^{est} - \lambda_2^{ex})^2 + (k_1^{est} - k_1^{ex})^2 + (k_2^{est} - k_2^{ex})^2}}{\sqrt{(\lambda_1^{ex})^2 + (\lambda_2^{ex})^2 + (k_1^{ex})^2 + (k_2^{ex})^2}}$ – полученное значение общей относительной ошибки определяемых параметров.

Все значения, выводимые в файл, – вещественные числа. Формат выходных значений: **a.b**. Здесь **a** – целая часть числа, **b** – дробная часть числа.

- *DP_for_est_param.txt* – текстовый файл, содержащий решение прямой задачи (задачи Коши) для полученных параметров.

Содержимое файла:

 $t_0 \quad T_1(t_0) \quad T_2(t_0) \quad T_1^*(t_0) \quad T_2^*(t_0) \quad V(t_0) \quad E(t_0)$ $t_1 \quad T_1(t_1) \quad T_2(t_1) \quad T_1^*(t_1) \quad T_2^*(t_1) \quad V(t_1) \quad E(t_1)$ $t_2 \quad T_1(t_2) \quad T_2(t_2) \quad T_1^*(t_2) \quad T_2^*(t_2) \quad V(t_2) \quad E(t_2)$ $\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$ $t_{N_t} \quad T_1(t_{N_t}) \quad T_2(t_{N_t}) \quad T_1^*(t_{N_t}) \quad T_2^*(t_{N_t}) \quad V(t_{N_t}) \quad E(t_1)$

Здесь $t_0, t_1, t_2, \dots, t_{N_t} \in (0, T)$ – временные точки, в которых решается прямая задача, $T_1(t_k)$ – концентрация неинфицированных Т-лимфоцитов в момент времени t_k ,

$T_2(t_k)$ – концентрация неинфицированных макрофагов в момент времени t_k , $T_1^*(t_k)$ – концентрация инфицированных Т-лимфоцитов в момент времени t_k , $T_2^*(t_k)$ – концентрация инфицированных макрофагов в момент времени t_k , $V(t_k)$ – концентрация свободного вируса в момент времени t_k , $E(t_k)$ – концентрация иммунных эфффекторов в момент времени t_k .