

## Równanie

$$\begin{aligned}V_1' &= \lambda_1 V_1 F\left(\frac{V_1 + \alpha_{12} V_2}{K}\right) - \beta_1 V_1 g(t) \\V_2' &= \lambda_2 V_2 F\left(\frac{V_2 + \alpha_{21} V_1}{K}\right) - \beta_2 V_2 g(t) \\K' &= -\mu K + (V_1 + V_2) - d(V_1 + V_2)^{2/3} K - \beta K g(t)\end{aligned}$$

- $g(t)$  — stężenie leku (sterowanie),  $0 \leq g(t) \leq g_{\max}$
- $V_1(t)$  — komórki guza podatne na lek
- $V_2(t)$  — komórki guza odporne wobec leku
- $K(t)$  — unaczynienie
- $F(x) = -\ln x$  (na początek)
- parametry
  - $\beta < \beta_2 < \beta_1$
  - $\alpha_{12} < \alpha_{21}$
  - wartości liczbowe:

parametr	wartość
$\lambda_1$	0.192
$\lambda_2$	0.192
$\mu$	0.0
$b_1$	5.85
$b_2$	5.85
$d$	0.00873
$\beta_1$	0.15
$\beta_2$	0.1
$\beta$	0.05
$g_{\max}$	3
$T$	200

- warunki początkowe
  - $K(0) = 650$ ,  $V_2(0) = 280$ ,  $V_1(0) = 20$

## Funkcja celu

$$J([V_1, V_2, K]^T, g) = \int_0^T (V_1(t) + V_2(t)) dt + \omega \int_0^T G\left(\frac{V_2(t) - V_1(t)}{\epsilon}\right) dt$$

- $G(x) = (1 + \tanh(x))/2$
- $\epsilon = 1/100$
- $0 < \omega \leq 2000$