



Nr ćwiczenia:	dodatkowe
Tytuł ćwiczenia:	<i>Modelowanie zjawisk fizjologicznych</i>
Nazwa przedmiotu:	Modelowanie Procesów

1. Cel ćwiczenia:

- zapoznanie z metodami matematycznego modelowania zjawisk fizjologicznych,
- zdobycie umiejętności modelowania, symulacji oraz analizy procesów biologicznych w środowisku Simulink.

2. Urządzenia i oprogramowanie niezbędne do realizacji ćwiczenia:

- stanowisko komputerowe z oprogramowaniem MATLAB i pakietem Simulink.

3. Przebieg ćwiczenia:

1. Wprowadzenie do tematyki ćwiczenia.
2. Samodzielne rozwiązywanie zadań.
3. Sprawdzenie poprawności rozwiązania zadań.

4. Literatura:

1. Foryś U.: *Modelowanie matematyczne w biologii i medycynie*. Uniwersytet Warszawski, 2011.
2. Pratap R.: *Matlab 7 dla naukowców i inżynierów*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2006.
3. Sradomski W.: *MATLAB. Praktyczny podręcznik modelowania*. Wyd. Helion, 2015.
4. Osowski S.: *Modelowanie i symulacja układów dynamicznych z zastosowaniem języka Simulink*. Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.

1. Wprowadzenie do tematyki ćwiczenia.

Zagadnienie badania poziomu cukru we krwi jest niezwykle istotne, zwłaszcza dla osób chorych na cukrzycę. Hormonem odpowiedzialnym za obniżanie poziomu cukru w krwi jest insulina. U osoby zdrowej jest ona wytwarzana przez organizm, natomiast osoby chore muszą podawać ją w formie zastrzyków. Znając model matematyczny dynamicznych zmian poziomu cukru we krwi możemy w łatwy sposób zrozumieć i analizować mechanizm tego procesu.



2. Samodzielne rozwiązywanie zadań.

Zadanie 1. Określając względną zawartość cukru we krwi jako x_1 oraz względną zawartość insuliny we krwi jako x_2 , wartości te można wyrazić za pomocą równań stanu:

$$\frac{dx_1}{dt} = -a_1 x_1 x_2 + a_2 (x_1 - M_1) [1 - \operatorname{sgn}(x_1 - M_1)] + b_1 u_1,$$

$$\frac{dx_2}{dt} = a_3 (x_1 - M_1) \operatorname{sgn}(x_1 - M_1) - a_4 x_2 + b_2 u_2,$$

gdzie: x_1 – względna zawartość cukru we krwi,
 x_2 – względna zawartość insuliny we krwi,
 M_1 – minimalna zawartość cukru we krwi (badana dla każdego człowieka indywidualnie),
 u_1 – funkcja ilości spożytego pożywienia,
 u_2 – funkcja ilości insuliny dawkowanej z zewnątrz.

Wszystkie współczynniki a oraz b są stałymi współczynnikami o wartościach charakterystycznych dla każdego człowieka indywidualnie.

Funkcja $\operatorname{sgn}(x_1(t) - M_1)$ jest zdefiniowana następująco:

$$\operatorname{sgn}(x_1(t) - M_1) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x_1 \leq M_1 \\ 1 & \text{dla } x_1 > M_1 \end{cases}$$

Zbadać zmiany cukru i insuliny we krwi:

1/ U człowieka zdrowego po przyjęciu posiłku. Wówczas funkcja $u_1(t)$ (składniki pożywienia przenikające do krwi) zmienia się wykładniczo:

$$u_1(t) = R_1 e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$$

a jej parametry przyjmują wartości: $R_1 = 50$ mg/dl, $\tau = 0.6$ h, $t_0 = 0$ (czas spożycia pokarmu).

Uwaga!

Ponieważ człowiek zdrowy nie przyjmuje insuliny zewnętrznje, zatem $u_2(t) = 0$.

2/ U człowieka chorego na cukrzycę po spożyciu żywności, bez przyjęcia insuliny – funkcje $u_1(t)$ i $u_2(t)$ będą przyjmowały takie same wartości jak w punkcie 1.

3/ U człowieka chorego na cukrzycę po przyjęciu odpowiedniej dawki insuliny. Wówczas funkcja $u_2(t)$ (składniki pożywienia przenikające do krwi) zmienia się wykładniczo:

$$u_2(t) = R_2 e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$$

a jej parametry przyjmują wartości: $R_2 = 24$ mg/dl, $\tau = 0.5$ h, $t_0 = 0$ (czas spożycia pokarmu).

Uwaga!

W tym przypadku zakładamy brak przyjęcia dawki pożywienia, a zatem $u_1(t) = 0$.

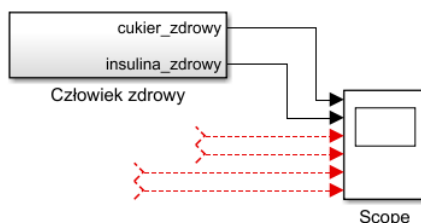


Wartości parametrów **a** i **b** będą następujące:

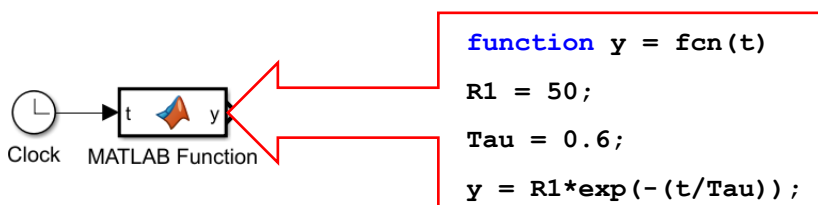
Człowiek zdrowy	Człowiek chory
$a_1 = 0.05 \text{ cm}^3/\text{h}\cdot\text{mg}$	$a_1 = 0.05 \text{ cm}^3/\text{h}\cdot\text{mg}$
$a_2 = 1 \text{ h}^{-1}$	$a_2 = 1 \text{ h}^{-1}$
$a_3 = 0.5 \text{ h}^{-1}$	$a_3 = 0.0001 \text{ h}^{-1}$
$a_4 = 2 \text{ h}^{-1}$	$a_4 = 2 \text{ h}^{-1}$
$b_1 = 1 \text{ h}^{-1}$	$b_1 = 1 \text{ h}^{-1}$
$b_2 = 1 \text{ h}^{-1}$	$b_2 = 1 \text{ h}^{-1}$

PODPOWIEDZI DO ZADANIA

- Czas symulacji to 6 sekund, co w rzeczywistości będzie odpowiadało 6 godzinom.
- Każdy przypadek powinien być umieszczony we własnym podsystemie, a podsystemy podpięte do wspólnego wyświetlacza:



- Minimalna zawartość cukru we krwi wynosi $M_1 = 100 \text{ mg/dl}$, dlatego też taką wartość należy ustawić jako warunek początkowy w *Integratorze* służącym do obliczenia wartości x_1 .
- Funkcję $\text{sgn}(x_1(t) - M_1)$ realizujemy za pomocą poznanego już bloku *Relay*.
- Funkcje $u_1(t)$ i $u_2(t)$ są zależne od czasu dlatego w środowisku Simulink należy wykorzystać blok *Clock* oraz *MATLAB Function* w którym umieścimy odpowiedni kod (odpowiednią funkcję).



3. Sprawdzenie poprawności rozwiązania zadań.

Rozwiązane zadania do proszę zamieścić na platformie **Teams** w postaci screenów **CAŁEGO** ekranu, które przedstawiać będą opracowany model oraz rezultaty jego działania. Proszę również o załączenie plików ze środowiska Simulink z opracowanymi modelami (pliki *.slx).