

## Vzkříšení Guytonova diagramu

**Kofránek Jiří, Rusz Jan, Matoušek Stanislav**

*Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory výuky, Ústav patologické fyziologie I. LF UK*

Před šestatřiceti lety vyšel v časopise *Annual Review of Physiology* článek (A. C. Guyton, Coleman T.A., & Grander H.J.: *Circulation: Overall Regulation*. *Annual Review of Physiology*, 41, 13-41, 1972.), který se svou podobou již na první pohled naprosto vymykal navyklé podobě fyziologických článků té doby. Byl uveden rozsáhlým schématem na vlepené příloze. Schéma plné čar a propojených prvků na první pohled vzdáleně připomínalo nákres nějakého elektrotechnického zařízení. Místo elektronek či jiných elektrotechnických součástí zde byly zobrazeny propojené výpočetní bloky (násobičky, děličky, sumátory, integrátory, funkční bloky), které symbolizovaly matematické operace prováděné s fyziologickými veličinami. A.C. Guyton se dvěma spoluautory tímto, tehdy naprosto novým, způsobem pomocí matematického modelu popisoval fyziologické regulace cirkulačního systému a jeho širší fyziologické souvislosti a návaznosti na ostatní subsystémy organismu – ledviny, regulaci objemové a elektrolytové rovnováhy aj. Místo vypisování soustavy matematických rovnic se v článku využívalo grafické znázornění matematických vztahů. Tato syntaxe umožnila graficky zobrazit souvislosti mezi jednotlivými fyziologickými veličinami ve formě propojených bloků reprezentujících matematické operace.

Guytonův model i jeho další modifikace byly původně implementovány ve Fortranu a později v jazyce C++. Dnes jsou pro vývoj, ladění a verifikaci simulačních modelů k dispozici specializovaná softwarová simulační prostředí. Jedním z nich je např. vývojové prostředí Matlab/Simulink od firmy Mathworks, které umožňuje postupně sestavovat simulační model z jednotlivých komponent – jakýchsi softwarových simulačních součástí, které se pomocí počítačové myši mezi sebou propojují do simulačních sítí. Simulinkové počítací prvky jsou velmi podobné prvkům, které pro formalizované vyjádření fyziologických vztahů použil Guyton. Rozdíl je jen v jejich grafickém tvaru. Tato podobnost nás inspirovala k tomu, abychom prostřednictvím Simulinku vzkřísili starý klasický Guytonův diagram a převedli ho do podoby funkčního simulačního modelu. Vnější vzhled simulinkového modelu jsme se snažili zachovat zcela stejný jako v původním grafickém schématu – rozložení, rozmístění vodičů, názvy veličin i čísla bloků jsou stejné.

Simulační vizualizace starého schématu nebyla úplně snadná – v originálním obrázkovém schématu modelu jsou totiž chyby, které bylo nutno opravit! V nakresleném obrázku to nevádí, pokusíme-li se ho ale oživit v Simulinku, pak model ihned zkolabuje jako celek. Je zajímavé, že Guytonův diagram byl jako složitý obrázek mnohokrát přetiskován do nejrůznějších publikací. Nikdo ale na chyby neupozornil a nedal si práci tyto chyby odstranit. V době, kdy obrázkové schéma vznikalo, ještě neexistovaly kreslicí programy – obrázek vznikal jako složitý výkres – a ruční překreslování složitého výkresu nebylo snadné. Možné je i to, že sami autoři modelu opravovat chyby ani příliš nechtěli – kdo si dal práci s analýzou modelu, obrazové „překlepy“ odhalil, kdo by chtěl jen tupě opisovat, měl smůlu. Z hlediska funkčnosti to nevádí, ve své době autoři rozesílali i zdrojové texty programů svého modelu v programovacím jazyce Fortran – takže pokud někdo chtěl pouze testovat chování modelu, nemusel nic programovat. Podrobný popis chyb a jejich oprav a námi vytvořená realizace (opraveného) Guytonova modelu je k dispozici ke stažení na adrese [www.physiome.cz/guyton](http://www.physiome.cz/guyton). Na této adrese je i naše Simulinková realizace mnohem složitější verze modelu Guytona a spol. z pozdějších let. Zároveň je zde i velmi podrobný popis všech použitých matematických vztahů se zdůvodněním.

Spleťtá pavučina počítacích bloků Guytonova modelu, implementovaná v prostředí Simulinku,

působí sice svou složitostí na první pohled impozantně, pro využití ve výuce fyziologie na lékařských fakultách je ale nevhodná. Model implementovaný ve vývojovém prostředí pro simulace je možnou výukovou aplikací pro studenty bioinženýrství, nikoli však pro mediky a lékaře. Ti preferují simulátory vyjádřené spíše jako interaktivní animované obrázky fyziologického atlasu provázené grafy, schémata a vysvětlujícími texty.

Simulační model je proto pouze teoretickým východiskem k výukovému simulátoru. Od simulačního modelu k interaktivnímu výukovému simulátoru je poměrně náročná cesta, kterou mohou usnadnit vhodně zvolené vývojové nástroje a odpovídající technologický postup. Technologiím tvorby výukových simulátorů, trendům budoucího vývoje, našim zkušenostem i záměrům v této oblasti je věnován speciální workshop na této konferenci.