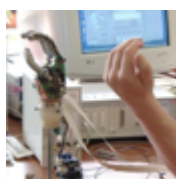


Ciele biokybernetiky v súčasnom výskume

Murgaš Tomáš · Elektrotechnika

02.11.2015



Biokybernetika je vedecká oblasť kybernetiky orientovaná na modelovanie a riadenie systémov, ktoré obsahujú živé organizmy. V súčasnosti je táto oblasť nasmerovaná najmä na zlepšovanie kvality života ľudí. Pričom sa nejedná len o výskum nových zariadení ako sú operačné roboty, náhrady končatín a ľudských orgánov, ale aj o kybernetické riešenie skvalitňovania liečby pacientov trpiacich na civilizované ochorenia ako sú diabetes mellitus, hypertenzia a pod.

1. Úvod

Kybernetika ako vedný odbor sa od svojich začiatkov rozvíjala ako veda o riadení procesov. Rozvíjala sa teória automatického riadenia vo veľmi mnohých smeroch a metódach. Najskôr sa rozvíjali najmä metódy návrhu a uplatnenia základných riadiacich štruktúr so skratkou PID, nakoľko tieto štruktúry riadiacich systémov boli v minulom storočí absolútne dominantné. V druhej polovici storočia sa rozvíjali aj adaptívne štruktúry, ktoré umožňovali navrhnúť riadenie aj pri neznámom modeli riadeného systému. Nakoľko boli značné problémy pri aplikácii adaptívnych metód riadenia pozornosť vedcov sa sústredila na robustné riadiace štruktúry a tiež na uplatnenie umelej inteligencie v riadení.

Bez rozvoja metód riadenia by dnes mnohé technológie prakticky nemohli existovať, či už ide o počítače, vyspelú leteckú a kozmickú techniku alebo najrôznejšie technologické zariadenia, ktoré by bez kvalitného riadenia neboli stabilné ani funkčné. Významný smer rozvoja kybernetiky bol v oblasti modelovania rôznorodých procesov sociálnych, ekonomických, politických, meteorologických a podobne. Dnes bez pravdepodobnostných modelov v spomínaných oblastiach by nebol možný významný rozvoj. Avšak najbúrlivejší rozvoj modelovania nastal v oblasti techniky. Motivovaný bol najmä vojenskou technikou po vojne a rozvojom riadených striel, rýchlych lietadiel ale tiež potrebou riadenia procesov nových technológií. Veď dnes si ani nevieme predstaviť lietadlá bez autopilotov, moderné stroje bez riadiacich systémov, zložité technologické linky bez automatického riadenia, automobilky bez robotov a podobne.

Veľký zvrät v živote Kybernetiky nastal vtedy keď sa z jej jednej časti rozvinula samostatná veda - informatika. Nástupom počítačov, mikroprocesorov a osobných počítačov sa informatika rýchlo vyšvihla do popredia a veľmi ovplyvnila súčasné poznanie aj keď nie vznikom nových prírodovedných zákonov ale vznikom nástrojov, ktoré sú katalyzátorom rozvoja poznania. Internet, superpočítače či mikroprocesory a

ďalšie informatické nástroje umožnili neuveriteľné zrýchlenie rozvoja poznania a to aj v tvorbe kybernetických modelov zložitých javov a ich simulácií. Kybernetika sa viac sústredila na modelovanie a riadenie zložitých javov a to nielen technických ale aj sociálnych a znovu sa vrátila k veľkej výzve, ktorou je biokybernetika o ktorej hovorí aj tento príspevok.

Pri vzniku kybernetiky boli pozorované a matematicky formulované procesy prebiehajúce v živých organizmoch [1]. Kybernetika už od vzniku bola vlastne biokybernetika. Ako dnes chápeme biokybernetiku? Stručne povedané je to veda o riadení procesov prebiehajúcich v živých organizmoch. Kybernetika je založená na princípe spätnej väzby a na princípe čiernej schránky. Táto schránka reprezentuje riadiaci mechanizmus systému a nazýva sa čiernou nakoľko všetky podrobnosti jej štruktúry nie sú úplne známe. Tento princíp umožňuje riešiť aj veľmi zložité problémy, ktoré sa priamo matematickými metódami riešia len veľmi obtiažne.

2. Biokybernetika

V svetovej literatúre sa používa pojem lekárska kybernetika. Biokybernetika je výstižnejší pojem preto, že lepšie vystihuje výskum kybernetikov, biológov aj lekárov. Biokybernetika bola súčasťou kybernetiky od samého začiatku jej vzniku, stačí sa pozrieť do pôvodných prác a je tam možné nájsť dosť príkladov z oblasti riadenia živých organizmov. Výskum v biokybernetike sa sústreďuje najmä na procesy prebiehajúce v ľudskom organizme. Boli opísané schémy týchto procesov [2, 3] tak, aby na ich analýzu mohli byť použité kybernetické metódy, konkrétne kybernetické modelovanie použitím princípu „čiernej skrinky“ a princípu spätnej väzby.

Už z týchto informácií vidno, že biokybernetika je úzko spätá so systémovou biológiou, ktorá sa snaží pochopiť jednotlivé časti biologického systému vo vzájomných systémových interakciách [2]. Následná identifikácia procesov v biologických systémoch poskytla nástroje na aplikáciu metód teórie riadenia pri náhrade prirodzených riadiacich mechanizmov technickými. Oblasť biomedicínskych riadiacich systémov je mladá v porovnaní s technickými odvetvami. V medicíne je v súčasnosti známych mnoho biokybernetických aplikácií, a preto spomenieme len niektoré. Projekt REX, kde ide o pokus konštruovať umelého človeka s ľudskou tvárou a všetkými orgánmi s výnimkou mozgu (nahradený je centrálnym riadiacim systémom). Podobných projektov je dnes viac s rôznymi špecifikami. Je však vidieť enormné úsilie skonštruovať nového robota s ľudskou podobou.



Obr. 1 Bionický robot REX

Pokračujú aj výskumné aktivity smerujúce k návrhu človeka - robota, ktorý je technickou kópiou človeka vrátane jeho orgánov. Príkladom je projekt REX na obr. 1. Rex - prvý bionický človek sveta. Čiže takmer plne funkčný robotický organizmus pracujúci ako ľudské telo. Rex chodí, rozpráva a dokonca aj dýcha ako človek. Nechýba mu ani srdce, tepny a v nich syntetická krv. Okolité dianie zase snímajú špeciálne okuliare, ktoré vnemy vysielaajú do umelých sietnic, z ktorých potom signál putuje priamo do mozgu. Orgány dodalo 18 technologických firiem a zostavila ho britská spoločnosť Shadow Robot.

3. Kybernetika zvyšuje kvalitu života

Velkú perspektívu v oblasti zdravotníckej starostlivosti má využívanie metód lekárskej kybernetiky, ktoré sa začínajú uplatňovať v inteligentných zariadeniach ako sú napr. operačné roboty alebo zložité počítačmi riadené diagnostické systémy. Nové výskumy však idú podstatne ďalej pri využívaní kybernetiky v medicíne. Kybernetické modely dávajú novú dimenziu zdravotnej diagnostike a kybernetické metódy riadenia na báze spätných väzieb môžu navrhnúť nové liečebné postupy. Vo svete už dnes existujú celé ústavy skúmajúce civilizačné ochorenia ako je diabetes alebo hypertenzia pomocou kybernetických metód. Využitie metód kybernetickej analýzy a syntézy však nie je možné bez priebežných informácií o riadenom objekte a preto sú nevyhnutné informácie zo senzorov navrhnutých vo fyzickej vrstve. Rovnako je prepojenie s databázami informačnej vrstvy nevyhnutné pri validácii modelov, vytváraní funkcií učenia sa riadiacich systémov a prepojenia na zdravotnú starostlivosť.

Na mnohých špičkových vedeckých pracoviskách sa úspešne riešia projekty Lekárskej kybernetiky pri výskume biologických orgánov. Prvé umelé srdce bolo implementované v roku 2001, ide o výrobok firmy AbioMed. Predlžuje život síce iba o 18 mesiacov, ale aj tak pri čakaní na vhodného darcu môže zachrániť život mnohým ľuďom. Umelé pľúca sa zatiaľ vyrábajú iba ako externé zariadenie. Podobne sa navrhli aj umelé končatiny prepojené na nervovú sústavu alebo umelá ľadvina, ktorú je možné pripevniť na telo človeka. Pokračujú aj výskumné aktivity smerujúce k návrhu človeka - robota, ktorý je technickou kópiou človeka vrátane jeho orgánov.

Významné výsledky dosiahol profesor kybernetiky Kevin Warwick, ktorý si dal do tela voperovať miniatúrne implantáty, pomocou ktorých dokázal otvárať dvere, zapínať svetlá alebo kúrenie, keď sa k zariadeniam priblížil. Druhý experiment prepojil čip s Warwickovou nervovou sústavou. Vďaka tomu potom prototyp robotickej ruky (Obr. 2) dokázal napodobovať Warwickove pohyby.



Obr. 2 Warwickova robotická ruka

4. Kybernetika a diabetes

Kybernetika ako systémová vedná oblasť poskytuje nástroje na počítačové

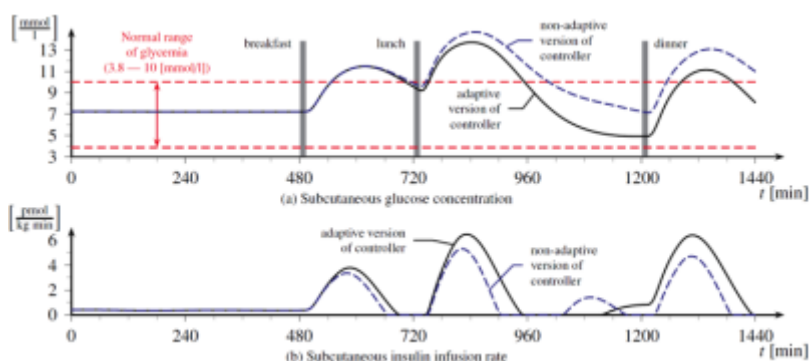
modelovanie systémov a procesov, a teda aj procesov v živých organizmoch. Rovnako tiež metódy pre optimalizáciu liečby sú nástrojmi klasickej kybernetiky ako vedy o riadení procesov. Tieto nástroje je možné využívať aj pri dávkovaní inzulínu pre pacientov s ochorením diabetes mellitus (DM) a tak dosiahnuť podstatné zvýšenie kvality ich života. DM má tri najčastejšie formy výskytu a to konkrétne:

- DM 1, kde je obmedzená schopnosť organizmu produkovať inzulín a vyskytuje sa často v mladom veku,
- DM 2 je ochorenie charakteristické pre vyšší vek a zjednodušene možno povedať, že ide o zníženie schopnosti buniek absorbovať glukózu,
- Tehotenský diabetes.

Predmetom výskumu na Ústave robotiky a kybernetiky FEI STU je pri DM1 optimalizácia dávkovania inzulínu na základe vytvorenia dynamického modelu procesu diabetes zo známych fyziologických modelov a dát získaných z priebehu tohto ochorenia na pacientoch. Existuje niekoľko modelov inzulín-glukózového systému [4], ktoré sa využívajú pri riešení problému optimalizácie dávkovania inzulínu. Modely musia byť dostatočne jednoduché aby priamo umožnili výpočet konkrétneho zákona riadenia (dávkovania inzulínu) a zároveň dostatočne vystihovali systém DM.

Výsledky výskumu dosiahnuté v oblasti návrhu algoritmov pre automatizáciu inzulínovej liečby boli prezentované v niekoľkých publikáciách. Na obr. 3 [6] je príklad podávania inzulínu, ktoré je riadené navrhnutým algoritmom riadenia. Adaptívna verzia algoritmu dosahuje lepšie výsledky oproti neadaptívnej verzii. Cieľom riadenia je udržiavať koncentráciu glukózy v krvi (glykémiu) v stanovenom rozsahu, inými slovami udržiavať normoglykémiu.

Ochorenie DM 2 je v súčasnosti preskúmané ešte menej ako DM 1, čo platí aj o simulačných modeloch. V tomto prípade je možné len počítačovo simulovať vplyvy rôznych faktorov na liečbu, vrátane stanovenia vhodných pohybových aktivít v kombinácii s ostatnými liečebnými postupmi (diéta, antidiabetiká a pod.). Významným faktorom kompenzácie glukózy pri DM 2 je pohybová aktivita pacienta. V súčasnosti sa výskum zameriava najmä na analýzu vplyvu fyzickej aktivity na kompenzáciu pacientov s DM 2 a tiež na výskum inteligentných rehabilitačných zariadení pre tieto účely [5].



Obr. 3 Priebeh glukózy v krvi človeka s DM1 s riadeným dávkovaním inzulínu, Čiarkovaná čiara – základná verzia, Plná čiara – adaptívny algoritmus dávkovania

5. Záver

Využitie metód kybernetiky pri riadení procesov živých systémov prináša nové riešenia

aj v oblasti závažných civilizačných ochorení ako je diabetes. V prípade diabetu prvého typu je možné optimalizovať dávkovanie inzulínu pre konkrétneho pacienta a v prípade diabetu druhého typu je možné kompenzovať glukózu v krvi diabetika pomocou inteligentných tréningových zariadení.

Podakovanie

Príspevok vznikol s podporou projektu „Centrum výskumu závažných ochorení a ich komplikácií“ ITMS 26240120038.

Literatúra

1. Beer,S.: Cybernetics and management. 1960, The English Universities Press LTD, London.
2. Kittnar,O., Mlček,M.: Atlas fyziologických reguláci. 2009, GRADA,ISBN 978-80-2-7-2722-6
3. Kitney,R., et all. System Biology a vision for engineering and Medicine. 2007, London, ISBN: 1/904401-13-5
4. Cobelli,C.: Diabetes: Models, Signals, and Control. 2008, IEEE Reviews on Biomedical Engineering. ISSN: 1937-3333, vol.2,pp 54-96.
5. Ernek,M., Murgaš,T.: Inteligentné rehabilitačné zariadenie na kompenzáciu diabetes II. 2014, EE, vol.20, No. 5/S, 121-123.
6. Tárník,M., Batora,V.,Jorgensen,J.B., Boiroux,D., Miklovičová,E., Ludwig,T., Ottinger I., Murgaš,J.: Remarks on models for estimating the carbohydrate to insulin ratio and insulin sensitivity in T1DM. In ECC 2015 : European Control Conference. Linz, Austria. July 15-17, 2015. [s.l.] : EUCA, 2015, S. 31-36. ISBN 978-3-9524269-4-4.