

16.09.2011

Доклад

«Биомедицинские применения теории самоорганизованной критичности»

Настенко Е.А., д.б.н., к.т.н.,

зав.каф. МКТМ ММИФ НТУУ «КПИ», зав. отделом информационных технологий и математического моделирования физиологических процессов

Вопросы, рассмотренные в докладе:

1) **Self organized criticality theory** (Теория самоорганизованной критичности, СОК)

Теория, предложенная Per Bak, Chao Tang and Kurt Wiesenfeld в 1987 году (*Bak P., Tang C. Wiesenfeld K. Self-organized criticality: an explanation of 1/f noise / Physical Review Letters 59 (4)*).

Из отечественных авторов одним из основоположников СОК являются Г.Г. Малинецкий, С.П. Курдюмов. "У человечества нет времени нащупывать организацию мира методом проб и ошибок... мы должны вычислять и проектировать будущее, опираясь на науку, на законы организации и самоорганизации" - С.П. Курдюмов.

Ключевым понятием теории СОК является оценка фликкер-шума β (шум миготіння). Данная концепция широко раскрыта в монографии «Телемедицина. Новые информационные технологии на пороге XXI века». Под редакцией профессора Р.М. Юсупова и профессора Р.И. Полонникова, Санкт-Петербург 1998, ст. 209 – 243 (Часть III. Новые информационные технологии в диагностике и терапии. Глава 1. Стохастические методы функциональной диагностики и коррекции в медицине).

2) Степенные законы распределения вероятностей (СЗРВ)

$$p(x) \sim x^{-(1+\alpha)}$$

Так распределены [1]:

- относительная смертность в результате землетрясений $a \approx 0,25 \div 0,45$
- ураганов $a \approx 0,4 \div 0,6$
- наводнений и торнадо $a \approx 1,4$
- число заболевших $a \approx 0,29$ при эпидемиях в изолированных популяциях
- площадь лесных пожаров $a \approx 0,59$
- колебания биржевых индексов $a = 1,40$

Под относительной смертностью понимается количество погибших в результате стихийного бедствия, деленное на численность населения страны на его момент.

Лит-ра:

- 1) <http://udik.com.ua/books/book-192/> - Книга «Управление риском. Риск. Устойчивое развитие. Синергетика» (1.2. Степенные законы распределения вероятностей
- 2) http://www.ideationtriz.com/ZZLab/Nonlinear_phenomenon/Power_distribution.htm - Степенное распределение вероятностей

3) Клеточные автоматы

Клеточные автоматы (КА) разбиваются на 4 класса, различающиеся типами конфигураций, к которым эволюционирует КА:

- 1) Класс 1 - КА, эволюционирующие к пространственно однородному глобальному состоянию. Например, все клетки КА приходят в состояние 1 или все клетки приходят в состояние 0.

Небольшие локальные возмущения начальной конфигурации не изменяют терминального состояния КА.

- 2) Класс 2 - КА, эволюционирующие к простым устойчивым или периодически расположенным структурам. Небольшие локальные изменения начальных конфигураций могут изменить терминальное состояние на ограниченном участке КА.
- 3) Класс 3 - КА, поведение которых хаотично, т.е. бесконечно меняется непредсказуемым образом. Любое локальное изменение начального состояния распространяется на постепенно увеличивающееся пространство в КА.
- 4) Класс 4 - КА, эволюционирующие к довольно сложным локальным фигурам, иногда движущимся (распространение волны). Изменения начальных состояний влекут за собой сложные нерегулярные изменения поведения.

Существует новое поколение КА - моделей капиллярной сети:

- 1) Knyshov G., Nastenko Ie., Maksymenko V., Kravchuk O. Simulation of qualitative peculiarities of capillary system regulation with cellular automata models / Cellular Automata - Simplicity Behind Complexity. InTech.-2011. P. 301 - 320 // ISBN 978-953-307-230-2 //

<http://www.intechopen.com/articles/show/title/simulation-of-qualitative-peculiarities-of-capillary-system-regulation-with-cellular-automata-models>)

- 2) G. Knyshov, Ye. Nastenko, V. Maksymenko, O. Kravchuk, Yu. Shardukova. The Interactions between Arterial and Capillary Flow with Cellular Automaton / WC 2009, IFMBE Proceedings 25/IV, 2009. Munich. P. 572–574.

<http://www.springerlink.com/content/x6485n56vp01578g/>

- 3) Knyshov G.V., Brovarets O.O., Nastenko Ye., Zabashta Yu.A., Beshlyaga V.M., Maksymenko V.B., Zakharova V.P., Kostenko Yu.A. THE QUANTITATIVE PARAMETERS OF NORMAL AND PATHOLOGICAL CONTRACTION OF HUMAN HEART LEFT VENTRICLE AS HELICAL BUILT STRUCTURE. THE ESTIMATION OF THE DIAGNOSTIC ABILITY OF THE METHOD / Journal "Physics of the Alive", V. 17, №2. – 2009. P. 148 - 154 (UKR).

<http://pa.science-center.net/Archive/2009%20N2/Knyshov%20et%20al%20N2%202009.pdf>

В докладе дан ответ на вопрос: ***Каковы возможные изменения капиллярного кровотока при нарушениях ритма сердца ?***

Нами установлено, что капиллярная сеть имеет свойства клеточного автомата IV рода, способного демонстрировать наиболее разнообразное и сложное поведение. Такие свойства капиллярной сети являются основой высокой адаптивности системы микроциркуляции.

1. **Nastenکو E.**, Maksymenko V., Belov Yu., Kravchuk A. Modeling of complex behaviour of the microvascular arterial network with cellular automata / Mathem. Modeling & Computing in Biology and Medicine. 5th ESMTB Conference 2002.-Ed. By Vincenzo Capasso.- MIRIAM. – Italy. - P. 227 - 234.

http://books.google.com.ua/books?id=2OueMYRnp1wC&pg=PA227&lpg=PA227&dq=Modeling+of+complex+behaviour+of+the+microvascular+arterial+network+with+cellular+automata&source=bl&ots=N6z1LgaWAc&sig=rxOr164NCcCFDUA5PdGRdez14n0&hl=ru&ei=1pdSTt7rL4mCOoalmLAI&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6&ved=0CEQQ6AEwBQ#v=onepage&q&f=false

KNK – клеточный автомат. Алгоритм моделирования относительной функциональной автономии микроциркуляторной сети:

1. Количество капилляров, которые могут функционировать одновременно, без критического падения а-в градиента давления крови, ограничивается текущей величиной системного кровотока.
2. Каждый капилляр открывается и закрывается в соответствии с удовлетворением метаболической потребности тканей, то есть система открывает и закрывает только такое количество капилляров, которое необходимо для удовлетворения метаболических потребностей тканей

Установлено:

Среднее содержание кислорода в тканях приблизительно постоянно, *то есть*, поддерживается гомеостатически, без специальных механизмов регуляции.

4) Исследование сложности поведения биологических систем

- 1) Понятие «сложность» - Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. — М.: Мир, 1990
- 2) Методы нелинейной динамики (синергетики) для определения сложности поведения биологических сигналов разной природы.
Среди показателей сложности (разнообразия) поведения биологических сигналов разной природы можно выделить следующие:
 - фрактальная размерность;
 - параметры «фликкер-шума»;
 - аппроксимационная энтропия;

- степень алгоритмического сжатия (крайне интересен может быть анализ словаря линейного архиватора)

2. E.A. Nastenka, B.L. Palets. System analysis of clinical data using algorithms that estimate multidimensional functional characteristics of the blood circulation system and its mathematical model / Cybernetics and Systems Analysis, 1994, Volume 30, Number 5, P. 733 – 739.

<http://www.springerlink.com/content/4101106g614v4482/>

3. O. Kyselova, Ie. Nastenka, M. Gerasymchuk. Heart rate complexity definition using Kolmogorov algorithmic complexity method. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, № 1/10 (49), 2011, P. 11 - 14.

http://www.nbuu.gov.ua/portal/natural/Vejpt/2011_1_10/2011_1_10/11_14.pdf

4. Kyselova O., Nastenka Ie. Estimation of heart rate complexity of behavior using different methods of nonlinear dynamics / Proceeding of the 3rd Intern. Conf.on Nonlin. Dynamics, Sep.21-24, 2010. - Kharkov. P. 125 – 128.

<https://sites.google.com/site/infizyoungscientists/nd-khpi-2010/proceedings>

4) Теория стохастического гомеостаза

Теория, основанная на применении показателя фликкер-шума:

- 1) Телемедицина. Новые информационные технологии на пороге XXI века”. Под редакцией профессора Р.М. Юсупова и профессора Р.И. Полонникова, Санкт-Петербург 1998, ст. 209 – 243 (Часть III. Новые информационные технологии в диагностике и терапии. Глава 1. Стохастические методы функциональной диагностики и коррекции в медицине).

Нами предложен метод вычисления сложности используя несколько показателей сложности (фрактальная размерность; параметры «фликкер-шума»; аппроксимационная энтропия; степень алгоритмического сжатия (крайне интересен может быть анализ словаря линейного архиватора):

1. Olga Kyselova, Ievgen Nastenka, Maksym Gerasymchuk. Method of human organism adaptive reserves level estimation. Journal “Biomedical Engineering Acta”, vol. 4/2011. P. 193 - 200.

<http://shp.pwr.wroc.pl/book.pdf>

2) Кисельова О.Г. Оцінка стану адаптаційних резервів організму людини / О.Г. Кисельова, Є.А. Настенко // Комп'ютерні науки та інформаційні технології : [збірник наукових праць] / відповідальний редактор Ю. М. Рашкевич. - Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010. - 160 с. - (Вісник / Національний університет "Львівська політехніка" ; № 686). - С. 297-300.

<http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/8309>