

2. Рябчун Ю.В., Черниш Л.М. Моделювання процесу ідентифікації здібностей абітурієнтів // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI 2017): мат. м. н. к. – Херсон (Залізний порт): 22-26 травня 2017. – С. 219-221.
3. <http://cleverdia.com/index.php?lang=uk>
4. http://cleverdia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=112&lang=uk
5. Цідило І.М. Модель нечіткої експертної системи прогнозування змісту освіти // Інформаційні технології і засоби навчання. 2012. № 6(32).
6. Tanaka, K., Yoshida, H., Ohtake, H., & Wang, H. O. (2009). A sum-of-squares approach to modeling and control of nonlinear dynamical systems with polynomial fuzzy systems. *IEEE Transactions on Fuzzy systems*, 17(4), 911-922.
7. Osowski S. *Sieci neuronowe do przetwarzania informacji*. – Warszawa, 2000 – 342 p. (польською).

НЕЧІТКА КЛАСТЕРИЗАЦІЯ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ ПОКАЗНИКІВ СИРОВАТКИ КРОВІ ДЛЯ ОНЛАЙН ДІАГНОСТУВАННЯ

Перова І.Г., Бражнікова Є.М., Літовченко О.Л.

*Харківський національний університет радіоелектроніки, 61166 м. Харків, пр. Науки, 14,
Харківський національний медичний університет, 61000 м. Харків, пр. Науки, 4
rikywenok@gmail.com, yelyzaveta.brazhnykova@nure.ua, latyshkaelena@gmail.com*

Вчені описують нинішню екологічну ситуацію в світі як «електромагнітне забруднення навколишнього середовища» [1] в зв'язку з поточним поширенням електромагнітного випромінювання (ЕМВ), що породжується різноманітним обладнанням. В даний час рівні екзогенних електричних і магнітних полів значно перевищують природний фон Землі, що є несприятливим фактором, який впливає на біологічні об'єкти під час їх росту [2]. Джерела випромінювання можуть бути знайдені у всіх сферах людської діяльності: в промисловості, медичній практиці, в навчальному процесі, під час життя і розважальних заходів [3]. Численні літературні дані вказують, що ЕМВ впливає на всі органи і системи організму: крові, серцево-судинної, ендокринної, імунної, нервової та статеві систем з різною біологічною активністю у всіх частотних діапазонах [4]. Однак, незважаючи на велику кількість досліджень, до цих пір немає загальноприйнятої теорії про вплив ЕМВ на організм, його природа і механізми дії на фізіологічні системи. Причина цього може бути пов'язано з тим, що ЕМВ ніколи не виступає в якості єдиного фактору. Існують інші фактори різної природи, які впливають на організм в поєднанні з ЕМВ, що і зумовило актуальність проблеми медико-біологічного дослідження впливу ЕМВ на організм людини в умовах навколишнього середовища [5]. Для нашого дослідження ще одним важливим екологічним фактором обрано температуру повітря, яка може забезпечити комфортні або некомфортні умови життя. Несприятливий вплив температури на організм можливий в зимовий період, коли температура повітря падає. Холод є стрес-фактором для тіла, у відповідь, активність найбільш важливих систем регулювання активується для того, щоб підтримувати постійну температуру тіла. Переохолодження має загальний вплив на організм, викликаючи біологічні реакції, які проявляються у вигляді комплексу біохімічних, патофізіологічних, морфофункціональних змін [6]. У відповідь на роздратування холодом, організм виявляє ряд складних фізіологічних реакцій. Доведено, що відповідні реакції організму на дію низької температури залежать від обсягу і тривалості ефекту цього фактору [7].

Таким чином, у даній роботі пропонується дослідити вплив ЕМВ у поєднанні із впливом позитивної низької температури, щоб визначити біологічні ефекти комбінованої дії: адитивність, синергізм та антагонізм. Крім того, необхідно визначити частину вкладу кожного фактору на загальний ефект, з подальшим розвитком критеріїв оцінки біологічної дії ЕМВ в умовах холодного стресу з наступною їхньою оцінкою і розробкою заходів щодо запобігання їх впливу.

З цією метою у експериментальному дослідженні визначається вплив фізичних факторів на організм тварин (лабораторних шурів) як в їхній ізольованій дії та і комбінованій дії. Дослідження проводилося протягом 30 днів. Було створено спеціалізоване обладнання, що дозволило моделювати як вплив необхідного діапазону температури повітря так і параметрів ЕМВ, структурна схема якого приведена на рисунку 1.

У якості біологічного об'єкта були обрані лабораторні білі щури. Тварини були розділені на 2 групи (N = 60). Дослідна група складалася з 30 тварин, які були розділені на три підгрупи: перша група з 10 тварин піддавали ізольованій дії ЕМВ (робоча частота 70 кГц, електрична напруга 600 В/м); друга група з 10 тварин під ізольованим впливом холодного фактору в діапазоні від +4 °C ± 2 °C; третя група (10 тварин) піддавалися комбінованому впливу ЕМВ і холодного фактору при тих же параметрах, що і групи

ізолюваної дії. Контрольна група з 30 тварин була в комфортних умовах ($+25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) і служила задля контролю по відношенню до груп 1, 2 і 3. Вплив проводився протягом 4 годин, 5 раз в тиждень.

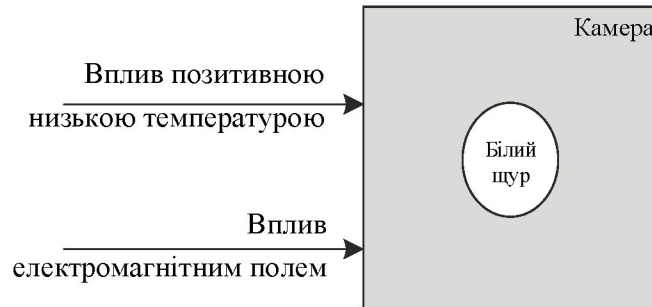


Рисунок 1 – Обладнання для впливу на лабораторного щура

Для виявлення біологічних ефектів, вивчалися параметри у сироватці крові тварин на 5-ту, 15-ту, 30-ту добу в динаміці. Наступні біохімічні показники визначали в сироватці крові: вміст дієнових кон'югатів (ДК), малонового діальдегіду (МДА), SH-групи, церулоплазміну, холестерину, тригліцеридів, ліпопротеїнів високої щільності (ЛПВЩ), ліпопротеїнів низької щільності (LDL), ліпопротеїни дуже низької щільності (ЛПДНЩ), сечовини, кислоти і лужної фосфатази, хлориди, кальцій, магній, фосфор, загальний білок, глюкоза, каталази і активність супероксиддисмутази; розраховували індекс атерогенності. Індеси були визначені з використанням комерційних тест-систем за допомогою біохімічному аналізаторі «LabLine-80» (Австрія) відповідно до інструкцій із комплектам поставки.

З математичної точки зору кожного об'єкт-білої щур описується багатовимірними часовими рядами, які містять інформацію про параметри сироватки крові на 5-ту, 15-ту і 30-ту добу:

$$X(k) = \{x_{il}(k)\},$$

де $k = 1, \dots, N, \dots$ – кількість об'єктів – білих щурів в матриці (в нашому випадку $N = 60$), $i = 1, \dots, n$ – кількість часових рядів для кожного з білих щурів (в нашому випадку $n = 20$), $l = 1, \dots, q$ – число моментів часу, які відповідають кількості діб контролю ($q = 3$).

Щоб визначити який тип впливу мав найбільший ефект при комбінованій дії слід ввести процедуру нечіткої кластеризації між центрами груп з різним типом впливу (холодовий вплив і вплив ЕМВ) і центром групи комбінованих ефектів [8].

Передусім вхідні багатовимірні часові ряди повинні бути центровані, нормовані і кодовані в інтервалі $[-1; 1]^{[n]}$. Для розрахунку центрів кожного кластера доцільним є використання процедури середнього арифметичного або медіани між усіма білими щурами відповідної групи в послідовному режимі:

$$c_{il}(k) = c_{il}(k-1) + \eta(k) \text{sign}(x_{i+1,l}(k) - c_{il}(k-1))$$

де $\eta_m(k)$ - параметр швидкості, який налаштований відповідним чином з виразом [25]

$$\eta(k) = r^{-1}(k), \quad r(k) = \alpha r(k-1) + 1, \quad 0 < \alpha \leq 1.$$

Відстань в сенсі метрики Манхеттена між цими центрами розраховуються у вигляді:

$$d(c_{il}, c_{il}) = \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^q |c_{il} - c_{il}|$$

Після цього ми можемо використовувати міру відстані, щоб обчислити, який тип ізолюваного впливу вносить вклад у комбіновану:

$$md = \frac{d^{-1}}{\sum(d^{-1})}$$

Після обчислення ми отримаємо результат, що ізолюваний ефект холодowego впливу має рівень належності $md = 0,67$ в той час як вплив з боку ізолюваного ЕМВ $md = 0,33$.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Redlarski G, Lewczuk B, Żak A, et al. The Influence of Electromagnetic Pollution on Living Organisms: Historical Trends and Forecasting Changes. *BioMed Research International*. 2015;2015:234098. doi:10.1155/2015/234098.
2. Bodera P, Stankiewicz W, Zawada K, Antkowiak B, Paluch M, Kieliszek J, Kalicki B, Bartosiński A, Wawer I. Changes in antioxidant capacity of blood due to mutual action of electromagnetic field (1800 MHz) and opioid drug (tramadol) in animal model of persistent inflammatory state. *Pharmacol Rep*. 2013;65(2):421-8.
3. Губернский Ю. Д., Гошин М. Е., Калинина Н. В., Банин И. М. Гигиенические аспекты электромагнитного загрязнения современного жилища // Гигиена и санитария. 2016. № 4.
4. Phillips, JL, Singh, NP & Lai, H 2009, 'Electromagnetic fields and DNA damage' *Pathophysiology*, vol 16, no. 2-3, pp. 79-88. DOI: 10.1016/j.pathophys.2008.11.005.
5. Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, Kundi M, Moshhammer H, Lercher P, Müller K, Oberfeld G, Ohnsorge P, Pelzmann P, Scheingraber C, Thill R. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev Environ Health*. 2016 Sep 1;31(3):363-97. doi: 10.1515/revh-2016-0011
6. Колосова О. Н. Стабилизация гомеостаза организма крыс при холодных воздействиях при помощи этанола / О.Н. Колосова, Б.М. Кершенгольц // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 2015. - Том 160, N 9. - С. 279-283.
7. Vargovic P, Laukova M, Ukropec J, Manz G, Kvetnansky R. Prior Repeated Stress Attenuates Cold-Induced Immunomodulation Associated with "Browning" in Mesenteric Fat of Rats. *Cell Mol Neurobiol*. 2018 Jan;38(1):349-361. doi:10.1007/s10571-017-0531-z. Epub 2017 Aug 11.
8. O. Nelles "Nonlinear System Identification", Berlin: Springer, 2001, 785p.

МЕДИЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ РАКУ КІСТКОВОГО МОЗКУ НА ОСНОВІ НЕЙРО-ФАЗЗИ ПІДХОДУ

Перова І.Г., Мірошниченко Н.С., Бодянський Є.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, 61166 м. Харків, пр. Науки, 14, rikywenok@gmail.com, neli.miroshnychenko@nure.ua, yevgeniy.bodyanskiy@nure.ua

Рак кісткового мозку – це форма раку, яка починається в губчастій тканині всередині людських кісток. Оскільки рак кісткового мозку може бути дуже агресивним, тільки раннє виявлення захворювань може запобігти смертності пацієнта. Тип раку кісткового мозку, як правило, залежить від віку пацієнта, наприклад, лейкоз є найпоширенішим захворюванням у дітей 4-річного віку [1], а мієлома - це тип раку кісткового мозку, що найчастіше зустрічається у людей старших за 60 років [2].

Прогноз виживання для людей з діагнозом раку кісткового мозку залежить від форми захворювання, індивідуальної характеристики пацієнта, віку хворого, стадії раку. Симптоми раку кісткового мозку на всіх можливих стадіях не мають особливостей протікання, як і більшість інших онкологічних захворювань. Тому діагностика раку кісткового мозку на ранніх стадіях є складним процесом. Наприклад, у [3] автори описують процес проведення діагностики у пацієнта з гострим лейкозом. Відсоток кількості помилок може скласти понад 40%, залежно від досвіду лікаря та якості вибірки даних. Очевидним фактом залишається те, що рання діагностика раку кісткового мозку може збільшити шанси на виживання пацієнтів. Існує велике різноманіття авторів [4-6], що запропонували використовувати для діагностики методи Data Mining. Більше 97% пацієнтів з раком кісткового мозку мають аномальні зміни в параметрах крові та сечі. Отже, підхід до розробки нових підходів до діагностики раку кісткового мозку на основі аналізу параметрів крові та сечі є актуальною медичною задачею.

Вхідною інформацією для обробки є часові ряди складаються з вимірювань параметрів крові пацієнтів з діагнозом рак кісткового мозку. Вихідна таблиця складається з 252 часових рядів для кожного з 21 пацієнтів. Тобто кожному пацієнту відповідає багатовимірний тимчасовий ряд. Ці ряди містять велику кількість пропусків у зв'язку з тим, що не кожному пацієнтові в призначений день було проведено вимірювання показника крові, а також мають різну частоту дискретизації в зв'язку з тим, що час проведення аналізу у кожного з пацієнтів був призначений індивідуально. Кількість таких аналізів для кожного пацієнта також було індивідуальним. Таким чином, на обробку надійшли ряди, які мають різну частоту дискретизації.

На першому етапі з усіх часових рядів були видалені ті, які зустрічаються не у всіх пацієнтів. В результаті такого перетворення на обробку надійшло 44 часових рядів для кожного з 21 пацієнтів. Максимальна кількість відліків було у пацієнта ID007 – 77, мінімальна кількість у пацієнтів ID063 і ID052