

# Застосування хаотичних нейронних мереж для кластеризації регіонів України за рівнем забезпечення анти тромботичними лікарськими препаратами

К. А. Люханова, І. В. Тіманюк, З. М. Мнушко  
Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

## Резюме

**Вступ.** В умовах глобального підвищення кількості випадків захворювання людей на серцево-судинні захворювання, однією з можливостей запобігання їх поширеності є профілактика, але останнім часом посилюється економічна нерівність регіонів України, що відображається на доступності анти тромботичних лікарських препаратів для населення.

**Мета.** Створення хаотичної нейронної мережі для кластеризації регіонів України за рівнем споживання лікарських засобів на прикладі препаратів анти тромботичної дії.

**Результати та обговорення.** Хаотична нейронна мережа дозволяє вирішувати завдання типології даних: виділяє з первісного хаосу деякий унікальний порядок, властивий тільки заданому вхідному набору об'єктів; має великі обчислювальні можливості і стійкість до помилки; вирішує завдання кластеризації, що мають незмінні елементи; не вимагає додаткової обробки даних; може з успіхом використовуватись в фармацевтичній практиці.

**Висновок.** Охарактеризовано основні етапи створення хаотичної нейронної мережі та розроблено мережу для кластеризації регіонів України за рівнем споживання лікарських засобів на прикладі препаратів анти тромботичної дії.

*Ключові слова:* хаотична нейронна мережа; кластеризація; анти тромботичні лікарські препарати.

**Клин. информат. и Телемед. 2014. Т.10. Вып.11. сс.106–111**

## Вступ

В умовах глобального підвищення кількості випадків захворювання людей на серцево-судинні захворювання (ССЗ) вони стають провідною причиною смертності в більшості розвинених країн. Так, в Україні щорічно лише від ішемії помирає трохи більше 200 осіб на 1 млн. населення, в той час як у США цей показник становить близько 700, в Німеччині – 800, Польщі – 700, Австрії – 684, Іспанії – 600, Хорватії – 961, Чехії – 1000, Данії – 803, Угорщині – 981, Швеції – 1200 [3]. Більшості серцево-судинних захворювань можливо запобігти шляхом їх профілактики, але останнім часом посилюється економічна нерівність регіонів України, що відображається на доступності анти тромботичних лікарських препаратів (АТЛП) для населення. Глобальні зміни в Україні та світі, викликані політичними та економічними причинами, а також стрімким науково-технічним прогресом, вимагають нових підходів до соціально-економічного розвитку українських регіонів [6, 5]. Підвищення регіональної доступності лікарських препаратів є одним із пріоритетних завдань для держави.

На цей час в Україні зареєстровано понад 300 лікарських препаратів анти тромботичної дії, більшість з них реалізується за рецептами, також кожен рік держава виділяє кошти на закупівлю деяких АТЛП, які далі розподіляються по регіонам України. Метою проведення даних досліджень стала розробка сучасної методики кластеризації регіонів за рівнем споживання АТЛП з метою підвищення їх доступності для населення України.

## Матеріали та методи дослідження

Методологічно і теоретичною основою дослідження послужили наукові ідеї, що містяться в роботах вітчизняних та зарубіжних вчених [1, 2, 4, 7], присвячених кластерним підходам до регіонального економічного розвитку, взаємодії підприємств, держави та освітніх установ, а також управлінню регіональною економікою. В роботі були використані методи логічного, системного аналізу та синтезу, комп'ютерне оцінювання, сукупність яких забезпечила цілісний підхід до дослідження проблеми.

## Результати й обговорення

У сучасних умовах функціонування господарюючих суб'єктів посилюється потреба вирішення завдань типології даних: виникають нові об'єкти спостереження, вони, як правило, є якісно неоднорідними і вимагають попередньої типології; також значно збільшується число суб'єктів, які змушені приймати управлінські рішення на статистичній основі; зростає вплив факторів зовнішнього середовища; гостріше постає питання територіальної диференціації.

Різноманіття алгоритмів кластерного аналізу обумовлено безліччю різних критеріїв, що відображають ті чи інші

аспекти якості угруповання. Одним із сучасних напрямків вдосконалення методів кластеризації – є залучення сучасних інтелектуальних технологій, таких як нейронні мережі, нечітка логіка. Це дозволяє не тільки вирішити проблему ресурсоемності завдань кластеризації за рахунок паралельної обробки інформації, але і забезпечити більшу гнучкість у формуванні рішень і самонастройку на конкретний тип завдання, врахувати її особливості.

Об'єкти, що підлягають кластеризації, описуються деяким набором параметрів і можуть бути представлені як точки в багатовимірному просторі. Тому для перевірки роботи різних методів кластеризації часто використовуються зображення різного ступеня складності. Це зручно для наочного представлення процесу і результатів кластеризації будь-якої задачі, так як в цьому випадку вона трактується як задача розпізнавання багатовимірних образів.

Для розпізнавання складних образів нами пропонується застосовувати в алгоритмах кластеризації елементи нечіткої логіки. У нечіткої кластеризації елемент образу може одночасно належати кільком кластерам, при цьому буде змінюватися ступінь його належності до того чи іншого кластеру.

Останні розробки, спрямовані на отримання результатів кластеризації високої якості, лежать в сфері застосування теорії нелінійних динамічних систем, теорії хаосу. Нами використано метод кластеризації, в якому застосовані елементи теорії хаосу, а реалізація виконана на основі апарату нейронних мереж. При цьому досягається поєднання результатів теорії самоорганізації в розподілених системах та теорії нейронних мереж у вигляді моделі хаотичної нейронної мережі.

За структурою хаотична нейронна мережа (ХНМ) нагадує нейронну мережу Хопфілда, так як є одношаровою рекуррентною мережею – елементи пов'язані «кожен з кожним», без утворення зв'язку «сам на себе». Структуру мережі утворюють  $N$  нейронів (в нашому випадку це 32 нейрони), кожен з яких відповідає за конкретний об'єкт (АТЛП); при цьому зв'язки симетричні. Навчання ХНС полягає у формуванні один раз вагових коефіцієнтів мережі, які визначають міру взаємного впливу пар нейронів один на одного.

Основна відмінність ХНМ від інших мереж полягає в утворенні групової поведінки нейронів і виділенні з первісного хаосу деякого унікального порядку, властивого тільки заданому вхідному набору об'єктів (обсяги споживання АТЛП), представлених у вигляді окремих точок деякого умовного зображення (області України). Прийнято вважати, що такі властивості нейронної мережі, як великі обчислювальні можливості і стійкість до помилки в нейродинамічних системах обумовлюються колективною поведінкою всіх нейронів.

У ХНМ на вхід в початковий момент часу подаються відразу всі дані, що підлягають кластеризації і тільки один раз, на відміну від інших нейронних мереж, побудованих на основі конкурентного шару, де елементи представляються по черзі і неодноразово.

Стан мережі задається станом нейронів. Щоб значення функції активації нейронів коливалися в діапазоні  $[-1, 1]$ , використовується спеціальна логістична функція:

$$f(x) = 1 - 2x^2 \quad (1)$$

Мережа відпускається на деякий період часу в вільне функціонування для того, щоб можна було побудувати фазові портрети поведінки (карти), що відображають поведінку кожного нейрона окремо (рис. 1). Подача на вхід мережі набору об'єктів може бути розглянута як вплив навколишнього середовища на невпорядковану поведінку нейронів і формування під її впливом нейронних ансамблів. При цьому спільне функціонування нейронів є проявом інтелекту на рівні малого колективу, і надає змогу подальшого вирішення завдання кластеризації.

Розглядаючи спільну динаміку поведінки нейронів після проходження перехідного процесу, виділяються пари нейронів, які змінюють свій стан синхронно. Формуються дані про спільну інформацію, яку несе кожна синхронізована пара нейронів і на її основі робиться висновок про те, які нейрони відносяться до одного кластеру. Іншими словами, робота з виявлення значущості ознак прихована в роботі ХНМ. Початковий хаос перехідного процесу з плином часу зменшується, так як за рахунок виявлення взаємозв'язку значень виходів деякі пари нейронів починають змінюватися синфазно. Саме тому робота ХНМ поділяється на дві частини: перехідний період роботи та період спостереження, коли вважається, що хаос мінімальний, і можна починати видобувати інформацію.

Вхідний образ ініціалізує ХНМ і як результат формується матриця вагових коефіцієнтів взаємного впливу пар об'єктів один на одного. Таким чином, коефіцієнти налаштовуються один раз і протягом роботи мережі не змінюються:

$$w_{ij} = \exp\left(-\frac{(x_i - x_j)^2}{2a^2}\right), \quad (2)$$

де  $(x_i - x_j)$  – відстань між двома об'єктами,  $a$  – константа що масштабується.

Кожному з виходів нейронів ставиться у відповідність випадкова величина в діапазоні від  $-1$  до  $1$ . Після цього задається деякий час перехідного процесу, протягом якого система переходить в стаціонарний режим, причому значення змінних  $y_i(t+1)$  обчислюються за формулою:

$$y_i(t+1) = \frac{1}{C_i} \sum_{i \neq j} w_{ij} f(y_j(t)), \quad (3)$$

де  $C_i = \sum_{i \neq j} w_{ij}$ , а  $f(y_i(t))$  визначається відповідно до (1).

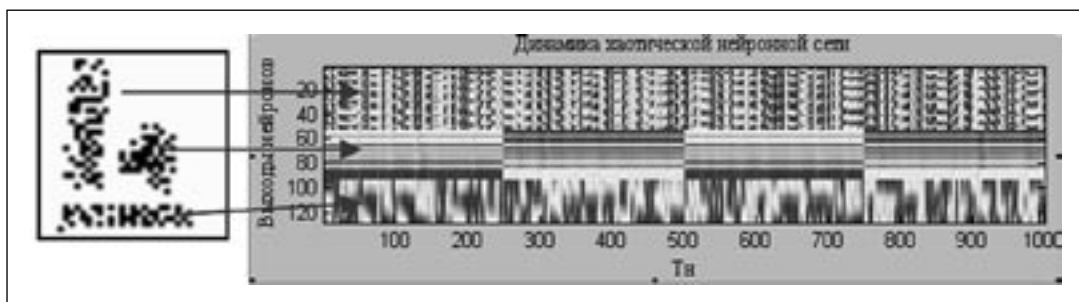


Рис. 1. Кластерна сегментація.

Стан окремого нейрона змінюється за рахунок зміни всіх інших нейронів. Після закінчення часу перехідного процесу вважається, що система знаходиться в сталому режимі. Потім виділяється наступний проміжок часу – час спостереження, протягом якого збирається статистична інформація про поведінку кожної змінної уі, і будується матриця спостереження.

Так як кожен об'єкт (область України) вхідного простору представлений у ХНМ своїм нейроном, то розподіл нейронів по кластерам, що утворилися, було використано для кластеризації об'єктів. У ході процесу кластеризації нами отримані п'ять кластерів рівня споживання АТЛП в Україні (табл. 1).

Кожний кластер, окрім рівня споживання, свідчить про рівень доступності АТЛП. Так, до I кластеру відносяться регіони з найвищою доступністю – це Дніпропетровська, Донецька, Київська та Харківська області. Дані регіони є найбільш розвиненими. Тут зосереджена більшість виробничих підприємств України, що в свою чергу відображається на платоспроможності населення, а отже і на економічній доступності АТЛП.

До другого кластеру, згідно з дослідженням, потрапили Львівська, Запорізька, Одеська, Луганська, Черкаська області і Автономна Республіка Крим. В цих регіонах споживання АТЛП нижче, але все ж досить високе. Можливо провести порівняння з рівнем пенсій, тому що більшість хворих з ССЗ – це люди

похилого віку. Так, найвищі пенсії отримують в Київській, Донецькій, Луганській областях і в АРК (рис. 2). Середня допомога у старості тут дорівнює 1742 грн., 1734 грн., 1682 грн. і 1617 грн. відповідно.

Проте, якщо детально співвіднести ці дані з отриманими в табл. 1, можна побачити, наприклад, що АРК належить до II кластеру, проте рівень пенсій тут одні з найвищих в Україні. В цьому випадку мова може йти про фізичну доступність АТЛП, зважаючи на віддаленість цього регіону від центра України і від основних виробників ліків, можливо припустити, що асортимент АТЛП обмежений. А отже не завжди покупець може отримати необхідний лікарський препарат у зв'язку з його фізичною відсутністю або недостатністю.

До III кластеру відносяться Миколаївська, Житомирська, Івано-Франківська та Хмельницька області – це області з середнім рівнем споживання АТЛП. Такі отримані дані корегуються не лише з рівнем заробітних плат та пенсій, але й з щільністю населення.

IV кластер – це Чернігівська, Сумська, Херсонська, Полтавська, Кіровоградська та Волинська області. В цих регіонах рівень споживання АТЛП низький. Основним видом діяльності в даних регіонах є агропромисловість. З одного боку це може впливати на більш рухливий спосіб життя населення, що в свою

Табл. 1. Розподіл областей України за типами споживання АТЛП.

I кластер, області (регіони)	II кластер, області (регіони)	III кластер, області (регіони)	IV кластер, області (регіони)	V кластер, області (регіони)
Дніпропетровська Донецька Київська Харківська	Львівська АР Крим Запорізька Одеська Луганська Черкаська	Миколаївська Житомирська Івано-Франківська Хмельницька	Кіровоградська Чернігівська Сумська Херсонська Полтавська Волинська	Вінницька Закарпатська Тернопільська Чернівецька Рівненська



Рис. 2. Середні пенсії по регіонах України в грн.

чергу запобігає появі серцевих захворювань, з іншого боку – дещо нижча низька доступність медичної та фармацевтичної допомоги призводить до відсутності у населення інформації щодо сучасних АТЛП.

Останній кластер представлено Вінницькою, Закарпатською, Тернопільською, Чернівецькою та Рівненською областями. Це області з найнижчим рівнем споживання АТЛП. До цього могло призвести ряд факторів: низький рівень платоспроможності, низька щільність населення, погані екологічні умови, віддаленість від основних постачальників ліків, відсутність сучасної медичної допомоги тощо.

Таким чином, можна зробити висновок, що регіони, які потрапили до IV та V кластеру, потребують уважного перегляду, тому що такий стан свідчить про низьку доступність АТЛП для населення даних областей. Можливо також припустити, що найбільшим фактором впливу на рівень доступності АТЛП є його ціна, тому наступний етап досліджень має бути присвячений аналізу цінової доступності АТЛП в регіонах України.

Виходячи з отриманих результатів, слід зазначити, що даний метод себе виправдовує. Але і в нього є недоліки. Одним із головних недоліків ХНМ є те, що вона не дозволяє використовувати результати кластеризації для подальшої класифікації. Якщо потрібно прийняти рішення про те, до якого з уже створених кластерів відноситься елемент, який не був присутній в образі в момент формування кластерів, хаотичну нейронну мережу потрібно навчати заново, що тягне за собою витрати ресурсів. Тому можна рекомендувати її використання для вирішення завдання кластеризації, що мають незмінні елементи, за якими здійснюється кластеризація, в нашому випадку – це регіони України.

При цьому необхідно відзначити, що чим більше елементів зображення (об'єктів), тим швидше утворюються окремі ансамблі нейронів – колективи-кластери, і їх поведінка менш чутлива до завдання початкових параметрів мережі. Результати кластеризації в ХНМ у загальному випадку не вимагають додаткової обробки, тому що безпосереднім результатом роботи ХНМ є розподіл об'єктів на кластери.

Даний метод кластеризації може з успіхом використовуватись в фармацевтичній практиці, як серед науковців, так і фармацевтичними виробниками та постачальниками.

## Висновки

1. Охарактеризовано основні етапи створення хаотичної нейронної мережі і надано необхідні рекомендації щодо її розробки для проведення кластеризації регіонів України.

2. Розроблено ХНМ для кластеризації регіонів України за рівнем споживання лікарських засобів на прикладі препаратів антитромботичної дії.

3. Наведено результати кластеризації та виділено регіони з низьким рівнем доступності АТЛП – це Вінницька, Закарпатська, Тернопільська, Чернівецька та Рівненська області.

*Автори даної статті – К. А. Люханова, І. В. Тіманюк, З. М. Мнушко – підтверджують, що у них відсутній конфлікт інтересів.*

## Література

1. Мнушко З. М., Тіманюк І. В., Пестун І. В. Сегментація ринку споживання протигрибкових препаратів методом типологічного угруповання. *Вісник Фармації*, 2007, вип. 52, № 4, сс. 50–54.
2. Мнушко З. Н., Пестун І. В. Теория и практика маркетинговых исследований в фармации. *Х., НФаУ*, 2008, 308 с.
3. Пархоменко О. М., Луцкай Я. М., Даншан Н. Украинский регистр острого инфаркта миокарда как фрагмент Европейского: характеристика больных, организация медицинской помощи и госпитальная терапия. *Український медичний часопис*, 2011, № 1, сс. 20–24.
4. Петров А. П., Макарова И. В. Кластеры в фармацевтической промышленности: предпосылки, ресурсы и условия формирования. *Экономическая политика и управление экономическим развитием*, 2011, № 3, сс. 75–87.
5. Реформи охорони здоров'я в Україні: удосконалення екстренної медичної допомоги при ДКС. *Здоров'я України*, 2011, вип. 16, № 1, сс. 10–11.
6. Gitt A. K., Bueno H., Danchin N. Et al. The role of cardiac registries in evidence-based medicine. *Eur. Heart J.*, 2010, no. 31, pp. 525–529.
7. Lagendijk A., Charles D. Clustering as a new growth strategy for regional economies? A discussion of new forms of regional industrial policy in the UK. *Cluster-analysis and cluster-based policy. New perspectives and rationale in innovation policy-making*, 2010, no. 5, pp. 5–37.

# Применение хаотических нейронных сетей для кластеризации регионов Украины по уровню обеспечения антитромботическими лекарственными препаратами

Е. А. Люханова, И. В. Тиманюк, З. Н. Мнушко

Национальный фармацевтический университет, Харьков, Украина

## Резюме

**Введение.** В условиях глобального повышения количества случаев заболевания людей сердечно-сосудистыми заболеваниями, одной из возможностей предотвращения их распространенности является профилактика, но в последнее время усиливается экономическое неравенство регионов Украины, что отражается на доступности антитромботических лекарственных препаратов для населения.

**Цель.** Создание хаотической нейронной сети для кластеризации регионов Украины по уровню потребления лекарственных средств на примере препаратов антитромботического действия.

**Результаты и обсуждение.** Хаотическая нейронная сеть позволяет решать задачи типологии данных: выделяет из первичного хаоса некоторый уникальный порядок, присущий только заданному входному набору объектов; имеет большие вычислительные возможности и устойчивость к ошибке; решает задачи кластеризации, имеющие постоянные элементы; не требует дополнительной обработки данных; может с успехом использоваться в фармацевтической практике.

**Заключение.** Охарактеризованы основные этапы создания хаотической нейронной сети и разработана сеть для кластеризации регионов Украины по уровню потребления лекарственных средств на примере препаратов антитромботического действия.

*Ключевые слова:* хаотическая нейронная сеть; кластеризация; антитромботические лекарственные препараты.

# Application of chaotic neural networks for clustering regions of Ukraine in terms of providing antithrombotic medicines

K. A. Lyuhanova, I. V. Timanyuk, Z. M. Mnushko

National university of pharmacy, Kharkiv, Ukraine

e-mail: timanyuk@rambler.ru

## Abstract

**Purpose.** Because of global increase in the number of cases of cardiovascular disease, one of the possibilities to prevent their occurrence is prevention. At the same time intensifies the economic inequality of Ukrainian regions, which effects on the availability of antithrombotic medications for the population. Based on this the purpose of research became creation of a chaotic neural network for clustering of Ukrainian regions in terms of consumption of medicines. System developed for antithrombotic drugs as medicines that are using to prevent cardiovascular disease.

**Methods.** We use the methods of logic, system analysis and synthesis, computer assessment, the aggregate of which provided a holistic approach to the study of the problem.

**Results.** Established during the study the chaotic neural network allows us to solve the problem of typology data. It secretes from the primary chaos some unique order that inherent only for given input set of objects and has great computing capability and resistance to error. It also solves the problem of clustering having constant elements and does not require additional data processing. Developed chaotic neural network can be successfully used in pharmaceutical practice, both among the scientists and pharmaceutical manufacturers and suppliers.

**Discussions.** Thus, we can conclude that the regions that have fallen into the cluster IV and V require increased attention. Because this situation indicates that for population of these areas, antithrombotic medicines have a low availability. It is also possible to assume that the biggest factor of influence on availability of medicines is their price. That is why the next stage of research should be dedicated on the analysis of the price availability of medicines in the regions of Ukraine.

*Key words:* Chaotic neural networks; Clustering; Antithrombotic medicines.

©2014 Institute Medical Informatics and Telemedicine Ltd, ©2014 Ukrainian Association of Computer Medicine. Published by Institute of Medical Informatics and Telemedicine Ltd. All rights reserved.

ISSN 1812-7231 *Klin.inform.telemed.* Volume 10, Issue 11, 2014, Pages 106–111

<http://uacm.kharkov.ua/eng/index.shtml?e-klininfo-ujournal.htm>

## References (7)

**References**

1. Mnushko Z. M., Timanyuk I. V., Pestun I. V. Market Segmentation use of antifungal drugs by typological grouping. *Visnyk Farmatsiyi* [Herald of Pharmacy], 2007, vol. 52, no. 4, pp. 50–54. (In Ukr.).
2. Mnushko Z. N., Pestun I. V. *Teoriya i praktika marketingovyih issledovaniy v farmatsii* [Theory and practice of marketing research in pharmacy], Kh., NFAU Publ., 2008, 308 p. (In Russ.).
3. Parhomenko O. M., Lutay Ya. M., Danshan N. Ukrainian case of acute myocardial infarction as a fragment of the European: characteristics of patients, the organization of medical care and hospital treatment. *Ukrayinskiy medichniy chasopis* [Ukrainian Medical Herald], 2011, no. 1, pp. 20–24. (In Russ.).
4. Petrov A. P., Makarova I. V. Clusters in the pharmaceutical industry: background, resources and conditions of formation. *Ekonomicheskaya politika i upravlenie ekonomicheskim razvitiem* [Economic policy and management of economic development], 2011, no. 3, pp. 75–87. (In Russ.).
5. Reform of Health in Ukraine: improving emergency medical care in State Statistics Committee (SSC). *Zdorov'ya Ukrayiny* [Health of Ukraine], 2011, vol. 16, no.1, pp.10–11. (In Ukr.).
6. Gitt A. K., Bueno H., Danchin N. Et al. The role of cardiac registries in evidence-based medicine. *Eur. Heart J.*, 2010, no. 31, pp. 525–529.
7. Lagendijk A., Charles D. Clustering as a new growth strategy for regional economies? A discussion of new forms of regional industrial policy in the UK. Cluster-analysis and cluster-based policy. *New perspectives and rationale in innovation policy-making*, 2010, no. 5, pp. 5–37.

**Листування**к.ф.н., доцент **І. В. Тіманюк**

Національний фармацевтичний університет  
 кафедра менеджменту та маркетингу в фармації  
 вул. Пушкінська, 53, Харків, 61002, Україна  
 тел.: +380 (572) 67 91 72  
 +380 (50) 514 34 34  
 ел. пошта: timanjuk@rambler.ru