

УДК 004.9:614.2

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.218286

РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ КОНЦЕПЦІЇ ВИЗНАЧЕННЯ МАЙБУТНЬОГО ПОПИТУ НА МЕДИЧНІ ПОСЛУГИ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ АНАЛІЗУ ДАНИХ РІЗНОЇ ПРИРОДИ

Мулеса О. Ю., Снитюк В. Є., Мельник О. О., Назаров В. С.

Планування та організація функціонування закладів охорони здоров'я – пріоритетний напрям діяльності їх засновників. Метою такої управлінської діяльності є забезпечення своєчасності, якості та повноти медичних послуг, які надаються клієнтам закладу. Важливим етапом, при цьому, є прогнозування потреб в медичних послугах у майбутні періоди часу. Прогнозування має виконуватися з урахуванням соціально-демографічних, медичних та поведінкових особливостей осіб – потенційних споживачів медичних послуг, і особливостей структури населення території на якій функціонує медичний заклад. Таким чином, об'єктом дослідження є процеси, які виникають у ході аналізу оперативних та ретроспективних статистичних, медико-соціальних, експертних та інших даних для визначення прогнозних значень рівнів попиту на окремі медичні послуги. Результати аналізу мають стати підґрунтям для прийняття управлінських рішень щодо планування та організації діяльності закладів охорони здоров'я в майбутні періоди часу.

У ході дослідження був використаний системний підхід, методи математичного моделювання та інші загальнонаукові методи.

Результатом виконаного дослідження є розроблений метод прогнозування попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу. Метод полягає в реалізації чотирьох послідовних етапів аналізу початкових даних. При цьому виникає необхідність розв'язання задач кластеризації, класифікації, ідентифікації та прогнозування. Точність отриманих прогнозних значень залежить від вибору методів та алгоритмів розв'язання поставлених задач та від повноти вхідних даних. В результаті застосування методу будуть отримані:

– розбиття осіб – потенційних споживачів медичних послуг на групи, відповідно до їх соціально-демографічних портретів, медичних даних та поведінкових особливостей;

– залежності між чисельністю утворених груп та попитом на різні медичні послуги;

– прогнозні значення чисельності груп, а також попиту на медичні послуги.

Отримані результати можуть бути основою для прийняття управлінських рішень щодо організації діяльності медичних закладів у майбутні періоди часу.

Ключові слова: *попит на медичні послуги, кластеризація, структурна та параметрична ідентифікація, заклади охорони здоров'я.*

1. Вступ

Планування та організація роботи закладів охорони здоров'я – один з пріоритетних напрямів діяльності їх засновників, адміністраторів та управлінців у сфері охорони здоров'я. Метою такої управлінської діяльності є забезпечення своєчасності, якості та повноти медичних послуг, які надаються медичними працівниками клієнтам закладу. Однією з ключових проблем, яка постає в процесі планування діяльності медичних закладів, є прогнозування попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу. Таке прогнозування має виконуватися з урахуванням наступних факторів:

- особливості діяльності та місця розташування закладу охорони здоров'я;
- кадровий склад та компетентності працівників закладу;
- ретроспективні дані, які характеризують попит на медичні послуги в минулі періоди часу;
- медико-соціальні фактори, які впливають на виникнення потреби в медичних послугах у окремих осіб;
- соціальні, економічні, демографічні та інші особливості території обслуговування закладу тощо.

Отже, враховуючи необхідність аналізу даних різної природи, їх узгодження та прийняття відповідних управлінських рішень, актуальною є розробка єдиної концепції визначення прогнозних значень попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є процеси, які виникають в ході аналізу оперативних та ретроспективних статистичних, медико-соціальних, експертних та інших даних для визначення прогнозних значень рівнів попиту на окремі медичні послуги. Результати аналізу мають стати підґрунтям для прийняття управлінських рішень щодо планування та організації діяльності закладів охорони здоров'я в майбутні періоди часу.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є виконання аналізу етапів обробки даних для обчислення прогнозних значень потреб в медичних послугах в майбутні періоди часу.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Систематизувати дані, на основі яких необхідно проводити аналіз потреб в медичних послугах.
2. Виконати аналіз задач, які виникають в процесі прогнозування потреб в медичних послугах.
3. Розробити метод прогнозування попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу.

4. Дослідження існуючих шляхів вирішення проблеми

Проблема реалізації функції управління закладом охорони здоров'я висвітлена у багатьох наукових працях. Так, у [1] відмічено, що заклад охорони

здоров'я потрібно розглядати як складну систему. Зважаючи на те, що основна мета діяльності таких закладів є надання якісних та своєчасних медичних послуг, важливим є підвищення якості таких складових системи їх управління, як медичний персонал, обладнання, будівлі тощо. У [2] автори зазначають, що до особливостей ринку медичних послуг слід віднести наявність ризиків виникнення захворювань та залежність попиту на медичні послуги від їх пропозиції. Дослідженню залежності між соціально-економічним розвитком країн та тенденцій зміни попиту на медичні послуги у них присвячена робота [3]. Показано, що спектр медичних послуг корелюється з рівнем соціально-економічного розвитку країни. Аналізу ринку медичних послуг та залежностей попиту на такі послуги від наявної пропозиції присвячені роботи [4, 5]. У цих дослідженнях стверджується, що при аналізі ринку медичних послуг та оцінюванні попиту на них необхідно враховувати такі фактори, як структура населення регіону та доступність медичних послуг.

Задачі прогнозування попиту на медичні послуги, зокрема на потребу в невідкладній медичній допомозі, присвячена робота [6]. Прогнозування виконується з урахуванням географічного положення очікуваних надзвичайних ситуацій та виконується із застосуванням штучних нейронних мереж, які оптимізуються за допомогою еволюційного алгоритму. На основі отриманих результатів можливим є визначення оптимальних розташувань машин невідкладної медичної допомоги. У [7] продемонстровано способи використання методів кластеризації, прогнозування та регресійного аналізу для оцінювання попиту на медичні послуги в різних країнах. Дослідження містить приклади побудови регресійних моделей для визначення кількості осіб, які були виписані з лікарень за календарний рік на основі ретроспективних даних. Робота [8] містить результати прогнозування потреб у вакцині для щеплення проти туберкульозу на основі прогнозування народжуваності. Прогнозування здійснювалося на основі моделі Бокса-Дженкінса на основі аналізу часових рядів. Отримані результати можуть бути використані для планування закупівлі відповідної вакцини. Проблемі оцінювання попиту на ліки присвячена робота [9]. У роботі створена модель прогнозування потреби на ліки за допомогою адаптивної мережі на основі системи нечіткого виведення, яка базується на аналізі ретроспективних даних про обсяги їх продаж. У [10] прогнозування потреб в ліках здійснюється на основі двоетапної кластеризації. Такий підхід дозволяє досягнути більш точних результатів, проте впливає на час навчання нейронної мережі.

Отже, аналізу ринку медичних послуг та прогнозуванню попиту на деякі з них присвячена велика кількість наукових досліджень. Проте, майже нерозкритим залишається питання розробки єдиного підходу для прогнозування такого попиту для окремого закладу охорони здоров'я на основі як ретроспективних і медико-соціальних даних, так і з урахуванням структури населення території обслуговування цього закладу.

5. Методи дослідження

У ході дослідження були використані такі методи:

– системний підхід – при аналізі проблеми прогнозування попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу;

– метод математичного моделювання – для формалізації задач, які виникають в процесі аналізу ретроспективних та медико-соціальних даних та мають вплив на прогностичні значення відповідних показників попиту;

– метод аналізу – при дослідженні взаємозв'язків між даними про потенційних споживачів медичних послуг та попиту на такі послуги.

6. Результати дослідження

Оцінювання рівня попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу залежить від повноти та точності ретроспективних даних про потенційних та наявних споживачів медичних послуг, їх соціально-медичні показники. А також про структуру населення території, яку обслуговує даний заклад охорони здоров'я.

Дані, при цьому, проходять декілька етапів аналізу, серед яких – кластеризація, ідентифікація та прогнозування. Схематично цей процес можна представити так, як показано на рис. 1.

Так, в процесі аналізу даних, з метою оцінювання майбутніх потреб в медичних послугах, виникають наступні задачі:

1. *Задача розбиття на групи осіб – потенційних споживачів медичних послуг – відповідно до особливостей їх медико-соціальних та поведінкових характеристик та мети такого розбиття.*

Нехай задано набір даних у формі кортежу:

$$\langle O, MD, ID, BD, SD \rangle,$$

де O – множина осіб;

MD – набір значень медичних показників у заданих осіб;

ID – набір особистих даних, таких як вік, стать, місце роботи тощо;

BD – поведінкові особливості осіб, які можуть мати вплив на можливість виникнення потреби в медичних послугах;

SD – відомості про послуги, попит на які досліджується (наприклад, попит на послуги в різні періоди часу, індивідуальні характеристики осіб, які впливають на можливість виникнення потреби в певній послугі, тощо).

Необхідно розбити множину O на групи за заданим критерієм.

Критерієм розбиття осіб – потенційних споживачів – на групи може бути «схожість» їх соціально-демографічних або поведінкових ознак, що в свою чергу впливає на їх потреби в медичних послугах. У цьому випадку задача може бути сформульована у виді задачі кластеризації, постановка якої є такою:

Нехай дано множину осіб:

$$O = \{O_1, O_2, \dots, O_N\},$$

кожна з яких характеризується за множиною ознак:

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_M\}.$$

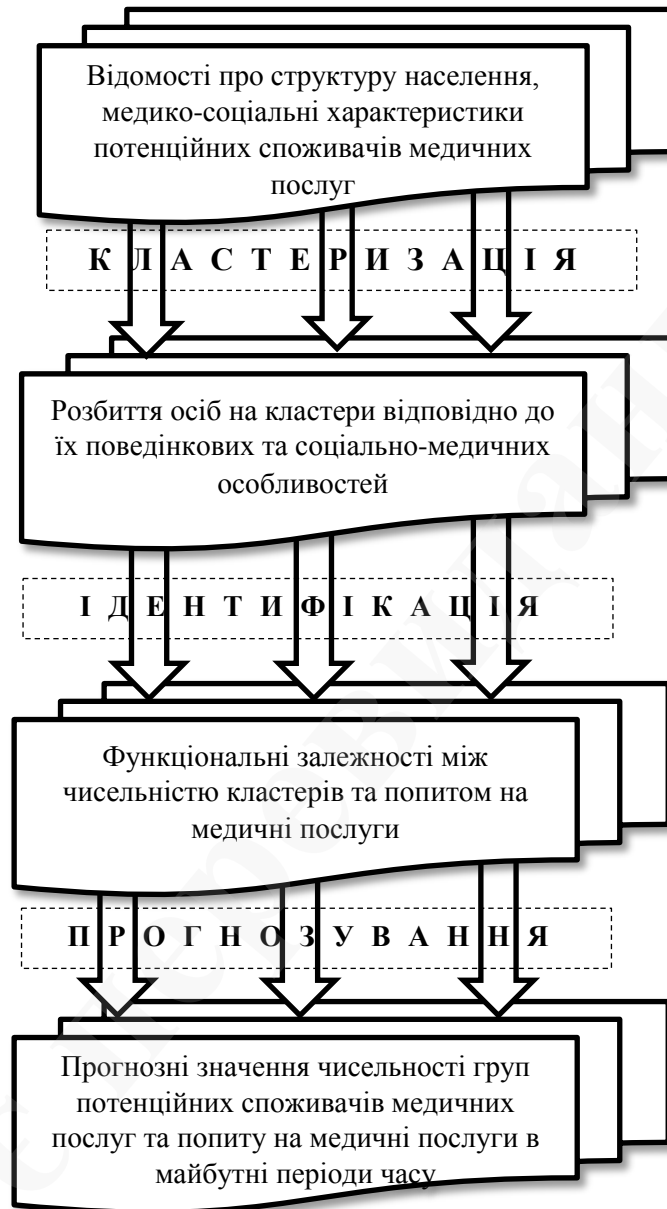


Рис. 1. Етапи аналізу даних в процесі оцінювання майбутнього попиту на медичні послуги

Ознаками, при цьому, можуть бути елементи соціально-демографічного портрету особи, поведінкові характеристики, складові анамнезу тощо. Нехай для кожної особи $O_i \in O$, $i = \overline{1, N}$ задано вектор значень ознак:

$$x^i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iM}),$$

де x_{ij} – значення ознаки $X_j \in X$, $j = \overline{1, M}$ для відповідної особи.

На основі наведених даних необхідно побудувати правило $s = D(x^{(i)})$, яке здійснює відображення множини X можливих значень ознак $\{X_1, X_2, \dots, X_M\}$ на множину $\{1, 2, \dots, K\}$ номерів кластерів, тобто $s: X \rightarrow \{1, 2, \dots, K\}$.

Іншими словами, задача кластеризації полягає у визначенні індикаторної змінної s у такий спосіб:

$$s = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x^i \in \Omega_1, \\ \dots & \\ K, & \text{якщо } x^i \in \Omega_K, \end{cases}$$

де $\Omega_k, (k = \overline{1, K})$ – області простору X , які відповідають кластерам.

Частими є випадки, коли кількість кластерів K заздалегідь є невідомою. Тоді K також є параметром моделі кластеризації. Розв'язання задачі кластеризації в такому випадку полягає у варіації параметру K та пошуку такого його значення, яке забезпечує досягнення заданого критерію оптимальності.

Для розв'язання сформульованої задачі можливим є застосування таких методів кластеризації, як:

- статистичні [11, 12];
- деревовидні [13];
- нейромережні [14, 15];
- еволюційні [16];
- експертні [17];
- методи нечіткої кластеризації [18] тощо.

Іншим критерієм розбиття осіб на групи є їх медико-соціальні дані. В цьому випадку задача розбиття може бути сформульована у виді задачі класифікації в такій постановці [19]:

Нехай маємо множину осіб $O = \{O_1, O_2, \dots, O_N\}$, для кожної з яких відомі значення ознак з множини $X = \{X_1, X_2, \dots, X_M\}$. Тобто, задана множина векторів:

$$x^i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iM}),$$

де x_{ij} – значення ознаки $X_j \in X$, $j = \overline{1, M}$ для відповідної особи. Кожна особа належить до одного з двох заданих класів A та B . При чому, належність до одного з класів означає, що у особи або виникла потреба в медичних послугах (клас A), або не виникла (клас B).

Необхідно задати правило, за яким для деякої іншої особи O' , яка характеризується вектором $x' = (x'_1, x'_2, \dots, x'_M)$ відповідних критеріїв з множини K , на основі даних про осіб з множини O , можна буде прийняти рішення про її віднесення до одного з класів A або B .

Для розв'язання сформульованої задачі можливим є застосування методів порівняння значень ознак [20], нейромережних методів [21, 22], методів, які базуються на послідовному аналізі Вальда [19] тощо.

Результатом кластеризації буде отримане розбиття множини осіб O на кластери. Таким способом, нехай в результаті виконаної кластеризації, було отримано K кластерів: G_1, G_2, \dots, G_K .

2. *Задача встановлення залежностей між потужностями утворених кластерів та попитом на медичні послуги.*

На другому етапі аналізу даних необхідним є оцінювання чисельності кожного з кластерів у різні періоди часу. Нехай, у результаті виконаного оцінювання, було сформовано таблицю (табл. 1).

Таблиця 1

Зведені результати про кластери та послуги в різні періоди часу

Період часу	Потужність кластерів				Попити на послуги			
	Z_1	Z_2	...	Z_K	P_1	P_2	...	P_M
T_1	z_{11}	z_{21}	...	z_{K1}	p_{11}	p_{21}	...	p_{M1}
T_2	z_{12}	z_{22}	...	z_{K2}	p_{12}	p_{22}	...	p_{M2}
..
T_t	z_{1t}	z_{2t}	...	z_{Kt}	p_{1t}	p_{2t}	...	p_{Mt}

Примітка: $T_1 < T_2 < \dots < T_t$ – задані періоди часу; z_{kl} , $k = \overline{1, K}$, $l = \overline{1, t}$, – результати оцінювання чисельності k -го кластеру в період часу T_l ; p_{jl} , $j = \overline{1, M}$, $l = \overline{1, t}$, – попит на j -у послугу в період часу T_l

На основі отриманих даних необхідно виконати структурну та параметричну ідентифікацію залежностей попиту на послуги від потужності кластерів. Для цього можливим є використання нечітких [23, 24], еволюційних [25] методів ідентифікації та інших алгоритмів оцінювання невідомих параметрів систем [26].

Нехай, в результаті виконаної ідентифікації, було побудовано систему функцій $P_j = \phi_j(Z_1, Z_2, \dots, Z_K)$, $j = \overline{1, M}$.

3. *Прогнозування значень потужностей кластерів у майбутні періоди часу.*

Наступним етапом є прогнозування чисельності утворених кластерів у майбутні періоди часу. Прогнозування має здійснюватися з урахуванням ретроспективних даних відповідно до табл. 1. У такому випадку постановка задачі прогнозування є наступною:

Нехай z_1, z_2, \dots, z_t – деякий дискретний часовий ряд без пропусків довжини t . Значення часового ряду фіксуються в дискретні моменти часу $i = \overline{1, t}$. Задача прогнозування часових рядів полягає у побудові вирішального правила F , яке дозволяє знайти оцінку значення ряду в майбутні періоди часу, що являє собою прогноз в заданій точці $t + \tau$ з кроком прогнозу τ ($\tau \geq 1$).

Для розв'язання сформульованої задачі можливим є застосування, наприклад, методів прогнозування на основі часових рядів [27–29]. А також методу прогнозування з урахуванням висновків експертів [30].

Нехай в результаті дослідження було виконано прогноз щодо чисельності кластерів G_1, G_2, \dots, G_K в заданий період часу T_{t+1} , $T_{t+1} > T_t$, в результаті якого отримано прогнозні значення $\tilde{Z}_{1,t+1}, \tilde{Z}_{2,t+1}, \dots, \tilde{Z}_{K,t+1}$.

4. *Визначення прогнозних значень попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу.*

На основі результатів, отриманих на попередніх етапах, обчислюються прогнозні значення попиту в медичних послугах в майбутні періоди часу в такий спосіб:

$$p_{j,t+1} = \phi_j(\tilde{Z}_{1,t+1}, \tilde{Z}_{2,t+1}, \dots, \tilde{Z}_{K,t+1}).$$

Результати, отримані на заключному етапі, можуть бути використані управліннями в галузі охорони здоров'я на етапах планування та організації діяльності кадрового складу медичних закладів.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. У ході дослідження було розроблено метод оцінювання попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу на основі наявних даних про їх потенційних споживачів. Метод полягає у реалізації чотирьох послідовних етапів. У результаті роботи методу буде отримано поділ потенційних споживачів медичних послуг на групи відповідно до можливостей виникнення у них потреб у медичних послугах в майбутньому, а також обчислені прогнозні значення попиту на окремі медичні послуги.

Weaknesses. Точність обчислень, в ході застосування розробленого алгоритму, залежить від вибору методів та алгоритмів для розв'язання задач, що виникають на окремих етапах. Також, важливою є повнота та достовірність даних про потенційних споживачів медичних послуг, про соціально-демографічні та економічні особливості території обслуговування медичного закладу тощо.

Opportunities. Результати роботи методу, а саме оціночні значення попиту на окремі медичні послуги в майбутні періоди часу, можуть бути використані управліннями в галузі охорони здоров'я, керівниками та засновниками медичних закладів в процесі організації та планування діяльності кадрового складу закладів охорони здоров'я.

Threats. У ході застосування розробленого методу важливим є вибір методів розв'язання задач, що виникають на кожному окремому етапі. Саме від обраних методів кластеризації, класифікації, ідентифікації та прогнозування залежить точність отриманих прогнозів.

8. Висновки

1. Систематизовано дані, на основі яких необхідно проводити аналіз потреб у медичних послугах. Встановлено, що в процесі прогнозування майбутнього попиту на медичні послуги необхідно аналізувати такі набори даних:

- відомості про структуру населення території обслуговування медичного закладу;
- відомості про соціально-економічні особливості регіону чи населеного пункту;
- набір значень медичних показників у осіб – потенційних споживачів медичних послуг;
- соціально-демографічні портрети та відомості про поведінкові особливості осіб – потенційних споживачів медичних послуг;
- відомості про особливості надання послуг, попит на які досліджується;
- відомості про попит на досліджувані послуги в минулі періоди часу.

2. Виконано аналіз задач, які виникають в процесі прогнозування потреб у медичних послугах. Встановлено, що в процесі аналізу вхідних даних, необхідним є послідовне розв'язання таких задач:

- задача розбиття осіб на групи відповідно до їх соціально-демографічних та медичних ознак, а також з урахуванням їх поведінкових особливостей, які мають вплив на виникнення потреб в медичних послугах;
- задача ідентифікації залежностей попиту на медичні послуги від чисельності утворених груп;
- задача прогнозування чисельності груп у майбутні періоди часу на основі ретроспективних даних та з урахуванням висновків експертів.

3. Розроблено метод прогнозування попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу. Метод полягає у виконанні чотирьох послідовних етапів аналізу вхідних даних. Результатом застосування методу є прогнозні значення попиту на медичні послуги в майбутні періоди часу.

Література

1. Hrabovskiy, V. A., Klymenko, P. M. (2014). Systemnyi pidkhid do upravlinnia zakladamy okhorony zdorovia. *Visnyk Natsionalnoi akademii derzhavnoho upravlinnia pry Prezydentovi Ukrainy*, 3, 136–142.
2. Danko, V. V. (2017). Upravlinnia zakladamy okhorony zdorovia v suchasnykh umovakh: teoretychnyi aspekt. *Visnyk KhNAU. Serii: Ekonomichni nauky*, 4, 225–233.
3. Haponova, E. O. (2017). Suchasni tendentsii funktsionuvannia svitovoho rynku medychnykh posluh. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni VN Karazina. Serii: Mizhnarodni vidnosyny. Ekonomika. Krainoznavstvo. Turyzm*, 6, 20–24.
4. Brownlee, S., Chalkidou, K., Doust, J., Elshaug, A. G., Glasziou, P., Heath, I. et. al. (2017). Evidence for overuse of medical services around the world. *The Lancet*, 390 (10090), 156–168. doi: [http://doi.org/10.1016/s0140-6736\(16\)32585-5](http://doi.org/10.1016/s0140-6736(16)32585-5)
5. Glasziou, P., Straus, S., Brownlee, S., Trevena, L., Dans, L., Guyatt, G. et. al. (2017). Evidence for underuse of effective medical services around the world. *The Lancet*, 390 (10090), 169–177. doi: [http://doi.org/10.1016/s0140-6736\(16\)30946-1](http://doi.org/10.1016/s0140-6736(16)30946-1)
6. Grekousis, G., Liu, Y. (2019). Where will the next emergency event occur? Predicting ambulance demand in emergency medical services using artificial

intelligence. *Computers, Environment and Urban Systems*, 76, 110–122. doi: <http://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.04.006>

7. Maltseva, S., Prokofyeva, E., Zaitsev, R. (2017). The Demand for the Healthcare Services: the Opportunities of Big Data in Predicting Patient Flow. *International Conference Information Systems 2017 Special Interest Group on Big Data Proceedings*, 5.

8. Kim, K.-W., Li, G., Park, S.-T., Ko, M.-H. (2016). A Study on Birth Prediction and BCG Vaccine Demand Prediction using ARIMA Analysis. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (24). doi: <http://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i24/96151>

9. Husein, A. M., Simarmata, A. M. (2019). Drug Demand Prediction Model Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). *Sinkron*, 4 (1), 136–142. doi: <http://doi.org/10.33395/sinkron.v4i1.10238>

10. Husein, A. M., Harahap, M., Aisyah, S., Purba, W., Muhazir, A. (2018). The implementation of two stages clustering (k-means clustering and adaptive neuro fuzzy inference system) for prediction of medicine need based on medical data. *Journal of Physics: Conference Series*, 978, 012019. doi: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/978/1/012019>

11. Baturkin, S. A., Baturkina, E. Iu., Zimenko, V. V., Siginov, I. V. (2012) Statisticheskie algoritmy klasterizatsii dannykh v adaptivnykh obuchaiuschikh sistemakh. *Vestnik RGRU*, 31 (1), 82–85.

12. Rokach, L., Maimon, O. (2005). *Clustering methods. Data mining and knowledge discovery handbook*. Boston: Springer, 321–352. doi: http://doi.org/10.1007/0-387-25465-x_15

13. Amanuma, S., Kurematsu, M., Fujita, H. (2012). An Idea of Improvement Decision Tree Learning Using Cluster Analysis. *SoMeT*, 351–358. doi: <http://doi.org/10.3233/978-1-61499-125-0-351>

14. Kohonen, T. (1988). *Self-organization and associative memory*. New-York: Springer Verlag, 312. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-662-00784-6>

15. Škrjanc, I., Iglesias, J. A., Sanchis, A., Leite, D., Lughofer, E., Gomide, F. (2019). Evolving fuzzy and neuro-fuzzy approaches in clustering, regression, identification, and classification: A Survey. *Information Sciences*, 490, 344–368. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ins.2019.03.060>

16. Mulesa, O., Snytyuk, V., Myronyuk, I. (2016). Forming the clusters of labour migrants by the degree of risk of hiv infection. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (81)), 50–55. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71203>

17. De Koninck, P., Nelissen, K., Baesens, B., vanden Broucke, S., Snoeck, M., De Weerd, J. (2017). An approach for incorporating expert knowledge in trace clustering. *International Conference on Advanced Information Systems Engineering*. Springer: Cham, 561–576. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-319-59536-8_35

18. Mulesa, O. Yu. (2015). Adaptation of fuzzy c-means method for determination the structure of social groups. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (2 (22)), 73–76. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.41014>

19. Mulesa, O. Yu., Snytiuk, V. Ye., Herzanych, S. O. (2019). Metod nechitkoi klasyfikatsii na osnovi poslidovnoho analizu valda. *Automation of technological and business processes*, 11 (4), 35–42. doi: <http://doi.org/10.15673/atbp.v11i4.1597>
20. Kornoushenko, E. K. (2017). Algoritm klasyfikatsii putem parnogo sravneniia priznakov. *Avtomatika i telemekhanika*, 11, 151–166.
21. Ruff, L., Vandermeulen, R., Goernitz, N., Deecke, L., Siddiqui, S. A., Binder, A. et. al. (2018). Deep one-class classification. *International conference on machine learning*, 4393–4402.
22. Geifman, Y., El-Yaniv, R. (2017). Selective classification for deep neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 30, 4878–4887.
23. Shtovba, S. D. (2003). Identifikatsiia nelineynykh zavisimostei s pomoschiu nechetkogo logicheskogo vyvoda v sisteme MATLAB. *Exponenta Pro: Matematika v prilozeniakh*, 2, 9–15.
24. Zaichenko, Yu. P. (2007). Nechetkyi metod hrupovoho ucheta arhumentov pry neopredelennykh vkhodnykh dannikh. *Systemni doslidzhennia ta informatsiini tekhnologii*, 3, 100–112.
25. Mulesa, O. Yu. (2016). Development of evolutionary methods of the structural and parametric identification for tabular dependencies. *Technology audit and production reserves*, 4 (2 (30)), 13–19. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2016.74482>
26. Haber, R., Unbehauen, H. (1990). Structure identification of nonlinear dynamic systems – A survey on input/output approaches. *Automatica*, 26 (4), 651–677. doi: [http://doi.org/10.1016/0005-1098\(90\)90044-i](http://doi.org/10.1016/0005-1098(90)90044-i)
27. Aizenberg, I., Sheremetov, L., Villa-Vargas, L., Martinez-Muñoz, J. (2016). Multilayer Neural Network with Multi-Valued Neurons in time series forecasting of oil production. *Neurocomputing*, 175, 980–989. doi: <http://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.06.092>
28. Deb, C., Zhang, F., Yang, J., Lee, S. E., Shah, K. W. (2017). A review on time series forecasting techniques for building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 902–924. doi: <http://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.085>
29. Geche, F., Batyuk, A., Mulesa, O., Vashkeba, M. (2015). Development of effective time series forecasting model. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, 4 (12), 4377–4386.
30. Mulesa, O., Geche, F. (2016). Designing fuzzy expert methods of numeric evaluation of an object for the problems of forecasting. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (81)), 37–43. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.70515>