

В. В. Жихаревич

канд. фіз.-мат. наук
Чернівецький національний університет
ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці,

Н. О. Мацюк

Буковинський державний фінансово-
економічний університет, м. Чернівці

КЛІТИННО-АВТОМАТНИЙ ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ОПТОВИХ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ УРАХУВАННЯМ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНУ

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Однією з ключових функцій систем підтримки прийняття рішень в галузі транспортної логістики є побудова ефективних з точки зору вартості маршрутів різного призначення на транспортній мережі [1]. Дану роботу присвячено дослідженню однієї з таких задач – задачі маршрутизації транспорту (Vehicle Routing Problem, VRP), що полягає у пошуку маршрутів руху парку транспортних засобів, пов'язаних із найменшими витратами, у процесі обслуговування споживачів. Вона цікава з практичної точки зору, оскільки має багато застосувань у галузях, де знаходження більш оптимального шляху означає скорочення витрат. Серед них одним із найбільш поширених використань VRP є оптимізація розвезення продукції оптового торговельного підприємства споживачам (роздрібним торговельним підприємствам). У такому разі, як правило, йдеться про доставку продукції вантажним автотранспортом. А це, у свою чергу, визначає необхідність урахування транспортної інфраструктури регіону під час планування маршрутів руху перевізників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автором роботи [2] існуючі на сьогодні методи розв'язання VRP поділені на три класи: точні, класичні евристичні та метаевристичні методи. Точні методи представляють інтерес при розробці і тестуванні оптимізаційних алгоритмів, але для розв'язання практичних ситуацій не використовуються у зв'язку із швидким зростанням обчислювальної складності при збільшенні розмірності задачі. Евристичні методи полягають у здійсненні пошуку у відносно обмеженому просторі розв'язків та забезпечують знаходження наближених до оптимальних розв'язків за прийнятний час. Метаевристичні методи, в напрямку яких зосередилися дослідження з середини 1990-х років, є підкласом класичних евристик, особливістю яких є ретельне вивчення найбільш перспективних частин простору розв'язків [3]. Якість отриманих розв'язків при цьому вище, ніж у класичних евристик. Проте, вони включають велику кількість параметрів, які повинні бути налаштовані для кожної конкретної задачі [4]. Тому метаевристичні методи складають основу сучасних досліджень у сфері наближених методів розв'язання VRP [2]. Особливо часто для розв'язання оптимізаційних проблем, до яких належить і VRP, використовуються метаевристики, які ґрунтуються на механізмах, що зустрічаються у живій природі. Такі метаевристичні методи отримали назву біоінспірованих алгоритмів. Серед них і клітинні автомати, які завдяки природному паралелізму, про-

стоті і універсальності дозволяють моделювати поведінку самих різних систем, об'єктів і явищ будь-якого походження [5].

Функціонування апарату клітинних автоматів детально описано у роботах [5, 7, 8]. А приклади їхнього використання для вирішення оптимізаційних проблем доводять свою ефективність. Зокрема, у статті [9] на основі клітинних автоматів змодельовано поведінку натовпу із урахуванням ментальних особливостей пішоходів. У роботі [10] описано клітинно-автоматний підхід до моделювання поведінки транспорту та пішоходів. Причому, авторами розроблено програмний продукт, що дозволяє завантажувати зображення карт місцевості, на основі яких здійснюється пошук оптимального шляху між двома вершинами графа. Пошук оптимальних маршрутів руху з використанням апарату клітинних автоматів також здійснено у статті [11], однак оскільки розглянуто рух повітряних об'єктів, то транспортну інфраструктуру, на протязі попередньому джерелу, не ураховано. Обґрунтування доцільності застосування клітинно-автоматного підходу до розв'язання задачі комівояжера наведено нами у роботі [5]. Успішне використання клітинних автоматів для задач такого плану дозволяє зробити припущення про їхню ефективність і для розв'язання VRP.

Формулювання цілей дослідження. У попередніх працях, зокрема у статті [5] було продемонстровано результати роботи клітинно-автоматного алгоритму розв'язання задачі комівояжера. Оскільки VRP є узагальненим випадком задачі комівояжера, то можна зробити припущення, що для її розв'язання також може бути використано апарат клітинних автоматів. Таким чином, метою даної роботи є демонстрація результатів клітинно-автоматного алгоритму розв'язання VRP з урахуванням транспортної інфраструктури міста. Вирішення цього завдання сприятиме автоматизації бізнес-процесів, пов'язаних з прийняттям рішень у галузі транспортної логістики оптових торговельних чи будь-яких інших підприємств.

Викладення основного матеріалу дослідження. Найбільш узагальненою варіацією VRP, що використовується під час оптимізації розвезення продукції оптових торговельних підприємств, є Capacitated VRP (CVRP), що ураховує додатковий параметр – обмежену вантажопідйомність транспортного засобу. Її сутність полягає в наступному. Однакові транспортні засоби обмеженої вантажопідйомності здійснюють доставку продукції з депо до споживачів. Завдання полягає у мінімізації загальних витрат на доставку продукції (або відстаней, що проходять всі транспортні за-

соби). Тобто, необхідно визначити набір маршрутів мінімальної загальної вартості, що відповідають таким вимогам:

- кожен маршрут починається і закінчується у депо;
- кожен споживач включається лише в один із маршрутів, оскільки може обслуговуватися лише одним транспортним засобом;
- сумарний попит споживачів кожного маршруту не перевищує вантажопідйомності транспортного засобу.

Математична постановка задачі оптимізації розвезення продукції оптового торговельного підприємства роздрібним торговельним підприємствам здійснена у статті [3].

Для пояснення клітинно-автоматного алгоритму розв'язання CVRP розглянемо елементарний схематичний приклад розташування навколо депо (центральне велике коло на рис. 1) шістьох торговельних точок-споживачів (дрібні кола на рис. 1).

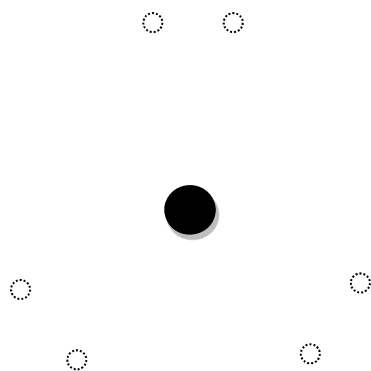


Рис. 1. Розташування депо та пунктів призначення

CVRP зводиться до пошуку мінімальної середньої довжини шляху, яку проходять перевізники товарів. Цю величину можна виразити формулою

$$S_{cep} = \frac{\sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} C_{ij} x_{ij}}{M} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де M – кількість перевізників, N_k – кількість торговельних точок (споживачів), які належить пройти k -му перевізнику; C_{ij} – елемент матриці відстаней; x_{ij} – логічні змінні, причому $x_{ij}=1$, якщо перевізник переїжджає з пункту i в пункт j та $x_{ij}=0$, якщо перевізник не переїжджає з пункту i в пункт j .

При цьому найбільш оптимальним варіантом, коли має місце мінімальна середня довжина шляху, є ситуація, при якій лише один перевізник виходить на маршрут. Тобто CVRP зводиться до задачі комівояжера (рис. 2).

Звичайно, в умовах, коли є обмеження на вантажопідйомність транспортних засобів та норми обслуговування ними торговельних точок на день, необхідно намагатися розподілити споживачів серед відповідної кількості перевізників найбільш оптимальним чином.

Як параметр оптимізації можна вибрати, наприклад, сумарне відхилення від середньої довжини шляху для кожного перевізника. Це можна виразити формулою:

$$S_{відх} = \sum_{k=1}^M \left| S_{cep} - \sum_{i=1}^{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} C_{ij} x_{ij} \right| \rightarrow \min. \quad (2)$$

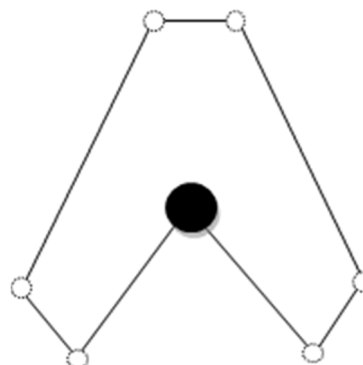


Рис. 2. Оптимальний розв'язок з мінімальною середньою довжиною шляху (на маршруті лише один перевізник, решта – незадіяні)

При цьому можливий розв'язок (нульове відхилення) може бути не найбільш оптимальним. Такий випадок схематично зображено на рис. 3.

Виходом із цієї ситуації може бути, зокрема, пошук мінімальної суми середньої довжини шляху та відхилення від неї. Це можна виразити формулою:

$$S = (S_{cep} + S_{відх}) \rightarrow \min. \quad (3)$$

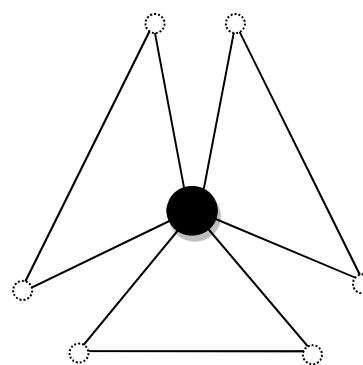


Рис. 3. Можливий розв'язок за умови пошуку мінімального відхилення від середньої довжини шляху (не найбільш оптимальний)

Результати схематично зображено на рис. 4.

Алгоритм рішення CVRP за допомогою клітинних автоматів аналогічний підходу, описаному у статті [5], але із невеличким доповненням. Суть доповнення полягає у введенні $M-1$ допоміжних масивів, які містять інформацію щодо кількості пунктів призначення відповідних перевізників (рис. 5). Кількість пунктів третього перевізника можна обчислити: $N_3 = N - N_1 - N_2$, де N – загальна кількість торговельних точок. Також у процесі роботи алгоритму, окрім обміну вмістом клітин, відбувається імовірнісне зменшення або збільшення вмісту цих допоміжних масивів, тобто перерозподіл кількості торговельних точок між перевізниками.

При цьому паралельно відбувається перевірка щодо порушення умови обмеження на вантажопідйомність машин та норми обслуговування торговельних точок транспортним засобом в день. При фіксації порушення відповідна зміна ігнорується.

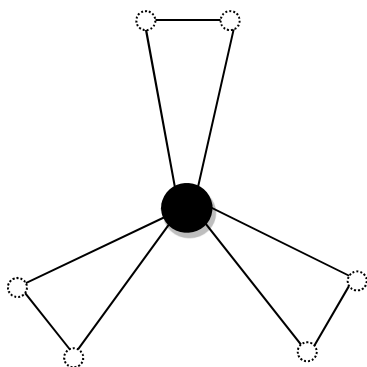


Рис. 4. Розв'язок за умови пошуку мінімальної суми середньої довжини шляху та відхилення від неї (найбільш оптимальне з точки зору рівномірності навантаження)

Роботу запропонованого клітинно-автоматного алгоритму було апробовано на даних, що стосуються розвезення продукції по торговельним точкам м. Чернівці оптового торговельного підприємства, що займається продажем продуктів харчування та побутової хімії, ТОВ «Асканія-Прод». Такими даними виступають координати торговельних точок та центрального складу (депо), а також попит торговельних точок у певний день. Кількість торговельних точок, до яких необхідно доставити вантаж у певний день, становила 134. Кількість транспортних засобів (вантажних автомобілів «Газель»), які обслуговують торговельні точки м. Чернівці, дорівнює 3, а їхня вантажопідйомність – 1500-1700 кг. Норма обслуговування транспортного засобу не перевищує 60 точок на день. Сумарний попит усіх торговельних точок – 3840,777 кг.

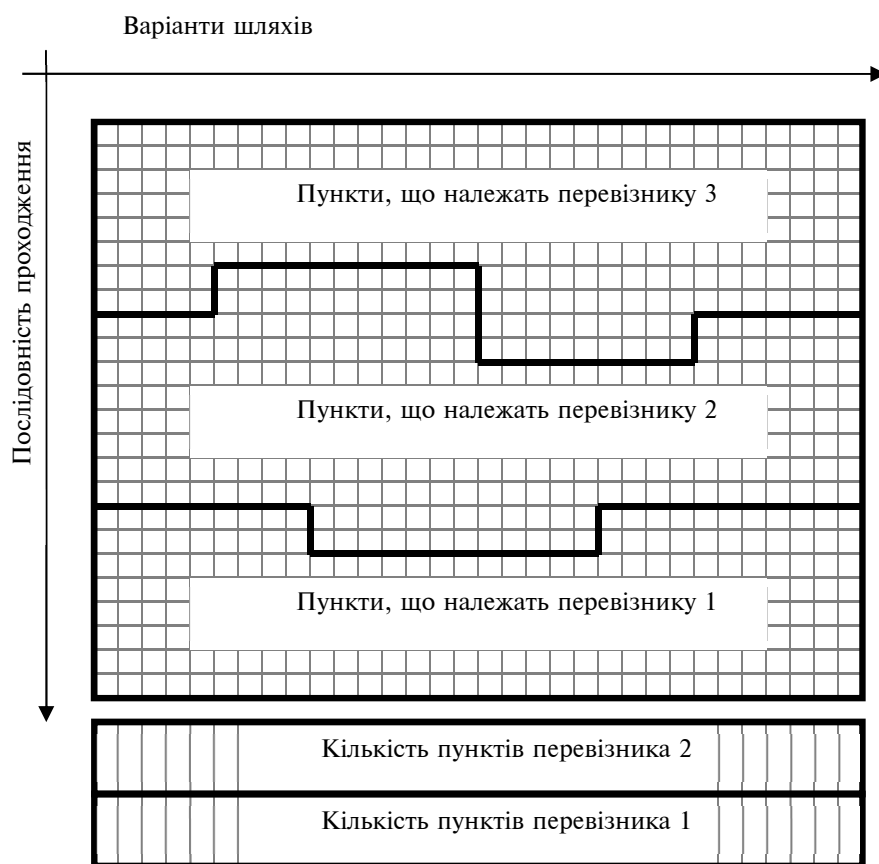


Рис. 5. Приклад структури клітинно-автоматного поля для розв'язання CVRP

Зчитування елементів матриці відстаней із сервісу Google Maps здійснювалося за допомогою відповідної служби Google Maps Distance Matrix API. Ця служба надає інформацію щодо відстані для матриці початкових точок та пунктів призначення. Інформація, яка повертається, ґрунтується на рекомендованому маршруті між початковою точкою та пунктом призначення у відповідності з розрахунками Google Maps API.

Результати розрахунку оптимального маршруту руху транспортних засобів у процесі розвезення продукції ТОВ «Асканія-Прод» за відповідними даними наведені у таблиці та графічно зображені на рис. 6.

Таким чином, в результаті роботи запропонованого клітинно-автоматного алгоритму отримано розв'язок CVRP з урахуванням транспортної інфраструктури міста. Це доводить можливість використання наведеного алгоритму для оптимізації розвезення продукції оптового торговельного підприємства по точках торговельної мережі. Крім того, він може бути застосований при розв'язанні прикладних задач розвезення продукції, що виникають в процесі здійснення комерційної діяльності виробниками, які самостійно поставляють продукцію у торговельну мережу, а також під час оптимізації перевезень, що здійснюються різноманітними транспортними компаніями.

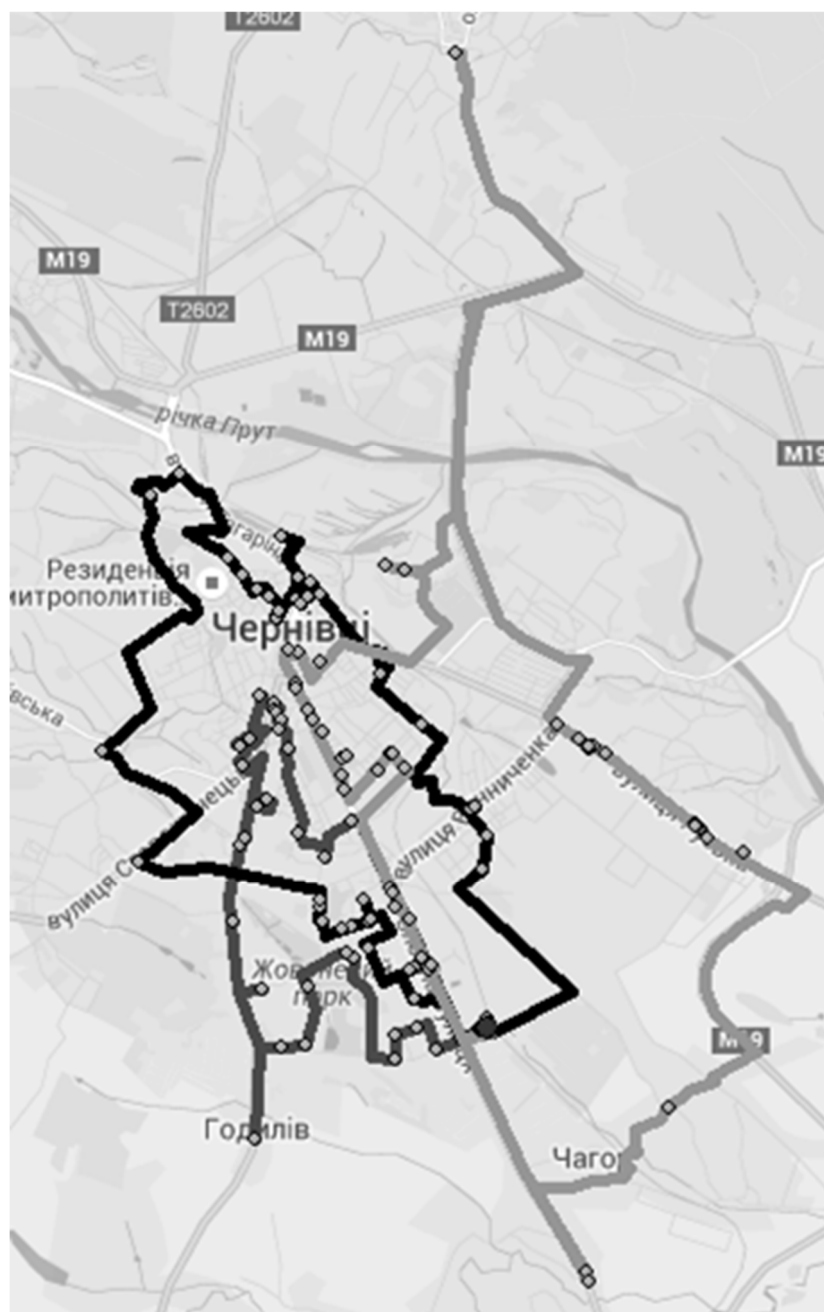


Рис. 6. Результати пошуку оптимальних маршрутів руху вантажного автотранспорту ТОВ «Асканія-Прод» у процесі доставки продукції у торговельну мережу м. Чернівці

Таблиця

Результати маршрутизації

Шлях	Порядок проходження торговельних точок	Кількість торговельних точок, од.	Довжина маршруту, км	Сумарна вага вантажу, кг
Сірий шлях	0*-54-120-130-121-24-45-104-101-15-99-102-63-86-134-40-79-71-87-128-11-115-44-93-65-7-78-77-29-51-8-32-56-108-52-49-34-74-20-84-17-46-132-57-113-59-28-24-0	47	19,7485	1679,57
Чорний шлях	0-35-88-114-119-61-31-41-18-106-85-97-1-68-112-126-100-14-118-95-47-90-123-82-38-5-75-37-66-127-27-117-33-25-22-110-26-30-43-4-0	39	30,2974	1032,443
Світло-сірий шлях	0-50-21-12-81-3-42-29-89-72-91-92-133-73-80-96-103-98-10-125-9-116-6-58-109-62-107-36-69-105-16-94-111-13-122-76-23-60-19-53-64-48-55-131-39-2-83-67-70-0	48	44,9992	1128,764

* Пунктом 0 позначено склад.

Висновки

Таким чином, нами була продемонстрована принципова можливість використання клітинно-автоматного алгоритму при розв'язанні задачі маршрутизації з обмеженою вантажопідйомністю з урахуванням транспортної інфраструктури регіону. Оптимізація маршрутів руху транспортних засобів під час розвезення продукції дозволить знизити непродуктивні витрати, що позитивно впливатиме на рентабельність та конкурентоспроможність підприємств.

Список використаних джерел

1. Пожидаев М. С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта : дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.13.18 [Электронный ресурс] / Михаил Сергеевич Пожидаев. – Томск, 2010. – Режим доступа: <http://www.marigostra.ru/materials/disser.html>.
2. Слестников С.А. Применение метаэвристических алгоритмов для задачи маршрутизации транспорта / С.А. Слестников // Экономика и математические методы. – 2014. – Т. 50. – Вып. 1. – С.117-126.
3. Мацюк Н.О. Особливості розв'язання задачі комівояжера для підприємств гуртової торгівлі / Н. О. Мацюк // Вісник ХНУ. Економічні науки. – 2013. – №5. – Т.2. – С. 95-100.
4. Bjarnadottir A. S. Solving the Vehicle Routing Problem with Genetic Algorithms / Aslaug Soley Bjarnadottir. – Technical University of Denmark, 2004. – 127 p.
5. Мацюк Н. А. Решение задачи коммивояжера средствами клеточных автоматов / Н. А. Мацюк, В. В.

Жихаревич // Моделирование региональной экономики. – 2015. – №2(26). – С. 263–272.

6. Аладьев В.З. Классические однородные структуры. Клеточные автоматы / В.З. Аладьев. – Издательство Fultus Books, 2009. – 535 с.

7. Бандман О.Л. Клеточно-автоматные модели пространственной динамики / О.Л. Бандман // Системная информатика. – 2005. – Вып. 10. – С. 57-113.

8. Тоффоли Т. Машины клеточных автоматов: пер. с англ. / Т. Тоффоли, Н. Марголус. – М. : Мир, 1991. – 280 с.

9. Макаренко О.С. Моделирование руху пішоходів на основі клітинних автоматів / О.С. Макаренко, Д.А Крушинський // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2010. – № 1. – С. 100-109.

10. Аноприенко А.Я. Использование клеточных автоматов для моделирования движения транспорта / А.Я. Аноприенко, Д.Ю. Плотников, Е.Ф. Малёванный // Збірка праць VI міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Інформатика та комп'ютерні технології», 2010. – С. 166-171.

11. Павленко М.А. Метод решения задачи прокладки маршрутов при управлении движением воздушного объекта / М.А. Павленко // Системы обработки информации. – 2014. – Вып. 5 (121). – С. 87-90.

12. Мацюк Н.О. Розв'язання задачі маршрутизації з використанням модифікованого мурашино-клітинно-автоматного алгоритму / В. В. Жихаревич, Н. О. Мацюк // Вісник економічної науки України. – 2016. – № 1(30). – С. 49–54.

О. П. Заруцька

д-р екон. наук

Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВИВЕДЕННЯ УКРАЇНСЬКИХ БАНКІВ З РИНКУ
З ВИКОРИСТАННЯМ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ**

Постановка проблеми. Стабільність банківської системи є обов'язковою умовою економічної безпеки держави. Протягом останніх років відбувається так зване «очищення банківської системи», виведення з ринку значної кількості банків, що супроводжується відтоком коштів і втратою довіри вкладників. Нормативні підстави для виведення банків з ринку регулюються чисельними правовими актами [1-4; 6]. Аналіз наслідків масового виводу банків з ринку є важливою науковою та практичною задачею.

Дослідження структурно-функціональних характеристик банків, ліквідованих останніми роками та підсумкових змін банківської системи доцільно проводити з використанням інструментарію самоорганізаційних карт Кохонена, який забезпечує виявлення однорідних груп банків, залежно від їх профілю ризиків, переліку основних операцій, джерел отримання прибутку, структури основних статей балансу, особливостей клієнтської бази.

Аналіз досліджень і публікацій. Структурно-функціональний аналіз фінансової стійкості банків ґрунтується на традиційних підходах до оцінки причин

втрати ними платоспроможності і незабезпечення адекватного управління ризиками. Використання карт Кохонена для економіко-математичного моделювання ризиків банків та інших фінансових установ знайшло відображення у працях вітчизняних та іноземних вчених [7, 9]. У той же час широкі можливості та нерозкритий потенціал даного методу при вирішенні задачі виокремлення однорідних об'єктів для формалізації аналізу фінансової стійкості банківської системи та окремих банків потребує подальшого розвитку.

Метою статті є дослідження можливих якісних змін банківської системи при суттєвому кількісному скороченні банків за останні три роки. Запропоновано структурно-функціональний аналіз фінансової стійкості кожного із 80 банків, що перейшли до стадії ліквідації. Більшість з цих банків не мали відповідних ознак проблемності.

Виклад основного матеріалу. Динаміка основних банківських показників за останні три роки, представлена у табл. 1, свідчить про кількісні і якісні погіршення фінансового стану системи.