

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ СТРУКТУР У СФЕРІ МЕДИЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

У статті проведено порівняльний аналіз методів багатофакторної статистики та запропоновано використання методу оптимального розбиття множин для моделювання економічних структур у сфері медичного обслуговування як найбільш раціонального; практично реалізовано робочий варіант цього методу у середовищі Visual C++.

**Ключові слова:** економіко-математичне моделювання, багатофакторна статистика, аналіз, управління.

### I. Вступ

Одним із важливих завдань держави є розвиток сфери охорони здоров'я. Наразі існує необхідність удосконалення існуючих економічних структур у сфері медичного обслуговування, що, у свою чергу, пов'язано із забезпеченням необхідної якості та обсягу медичних послуг. Одним зі шляхів підвищення медичних заходів є побудова математичних моделей у сфері медичного обслуговування з урахуванням структури, чисельності та динаміки зміни населення як у минулому, так і в прогнозованому періоді, а також визначення критеріїв оцінювання їх ефективності та вибору найбільш раціональних з них. Це дасть змогу при розробленій моделі забезпечити високий рівень необхідної якості медичних послуг для населення в регіоні.

### II. Постановка завдання

Метою статті є аналіз існуючих методів моделювання економічних структур у сфері медичного обслуговування та обґрунтування вибору найбільш раціональної з них, яка дасть змогу знайти оптимальне взаємне розташування амбулаторій та визначення їх районів обслуговування населення при існуючих часових і транспортних обмеженнях.

### III. Результати

У праці [1] обґрунтовано метод розв'язання задач оптимального розбиття множин з обмеженнями на пропускні можливості комунікацій в умовах невизначеності, на основі якого формулюється алгоритм розв'язання цієї задачі.

Використовуючи результати досліджень, що наведені у праці [2], можна комплексно вирішити питання моделювання даних економіко-соціологічних досліджень.

У працях [3; 4] запропоновано й обґрунтовано алгоритми розв'язання неперервної задачі про оптимальне  $s$ -кульове покриття компактної множини  $\Omega$  з  $E_n$  заданою кількістю куль та задачі про покриття множини

мінімальною кількістю куль заданого радіусу, які базуються на використанні теорії оптимального розбиття множини та  $g$ -алгоритму Н.З. Шора.

Результати, отримані у праці [5], надають можливість реформувати процеси управління місцевим розвитком в Україні в контексті забезпечення належної результативності і якості діяльності органів державного управління на засадах упровадження менеджмент-орієнтованих підходів та інноваційних моделей до управлінського процесу, зокрема маркетингового, кластерного, проектного підходу, управління змінами тощо.

Проведений у статті [6] аналіз механізму впливу інформаційно-інтелектуальних систем надає можливість більш повного й обґрунтованого підходу до вибору й упровадження таких систем з метою систематизації підходів до управління виробництвом і прискорення рішення поставлених перед підприємством завдань.

Основою процесу дослідження розвитку економічних структур у системі управління медичних бюджетних установ для визначення його ефективності мають бути офіційні дані Державного комітету статистики України. Для побудови моделей розвитку економічних структур у системі управління медичних бюджетних установ на основі емпіричних даних існує широкий вибір методів багатофакторної статистики, до яких, зокрема, належать дискримінантний аналіз [7], кластерний аналіз [8], факторний аналіз [9] та метод оптимального розбиття множин [10].

*Дискримінантний аналіз* є сукупністю методів, що дають змогу розв'язати задачі ідентифікації об'єктів за заданим набором характерних ознак. Весь процес проведення дискримінантного аналізу розбивається на два етапи й кожен з них можна розглядати як абсолютно самостійний метод.

Перший етап – виявлення і формальний опис відмінностей між існуючими множинами (групами) спостережуваних об'єктів.

Другий етап – безпосередня класифікація нових об'єктів, тобто віднесення кожного об'єкта до однієї з існуючих множин.

За допомогою дискримінантного аналізу на підставі деяких ознак (незалежних змінних) об'єкт може бути зарахований до однієї із заданих наперед груп. Вагомий внесок у розвиток багатовимірної статистики зробили такі вчені, як П.Ч. Махаланобіс, Р. Фішер, Г. Хотеллінг та ін.

Дискримінантний аналіз враховує варіабельність параметрів, розглядає сукупність усіх показників, взятих зі своїми коефіцієнтами, які відображають питому вагу впливу кожного показника. Але якщо реальність у вибіркових сукупностях не збігається з висунутими гіпотезами, необхідно приймати рішення про доцільність використання дискримінантного аналізу для класифікації нових спостережень, оскільки тоді важко виконати розрахунок кожного критерію класифікації, що суттєво обмежує можливості його застосування.

Методи дискримінантного аналізу доцільно застосувати у медичному процесі, де важливим є постановка попереднього діагнозу та вирішення направлення хворого до спеціалізованої клініки, постановка діагнозу за комплексом неспецифічних проявів хвороби або при статистичному прогнозі віддалених результатів лікування.

Нарівні з дискримінантним аналізом активно досліджується можливість практичного використання різних варіантів кластерного аналізу для вирішення медичних завдань.

*Кластерний аналіз* – задача розбиття заданої вибірки об'єктів (ситуацій) на підмножини, які називаються кластерами, так, щоб кожен кластер складався зі схожих об'єктів, а об'єкти різних кластерів істотно відрізнялися.

Застосування методів кластерного аналізу дає змогу зіставити об'єкти моделювання за їх якісними характеристиками, агрегувати експертні оцінки поточного і прогнозованого рівнів розвитку об'єктів тощо. Незважаючи на свої широкі можливості, використання цього методу аналізу вимагає значної витрати часу і сил для проведення відповідних розрахунків, а отримані результати групування не завжди адекватно інтерпретуються, особливо якщо інформативні ознаки, що характеризують об'єкти дослідження, були досить різноманітні.

Розв'язком задачі кластерного аналізу є розбиття, яке задовольняє деяку умову оптимальності. Цей функціонал часто називають цільовою функцією. Завданням кластерного аналізу є задача оптимізації, тобто знаходження мінімуму цільової функції при деякому заданому наборі обмежень. Прикладом цільової функції може служити, зокре-

ма, сума квадратів внутрішньогрупових відхилень за всіма кластерами.

У монографіях Р.В. Ставицького розглядається застосування методу кластерного аналізу для вирішення задач прогнозування в медицині.

Перевагою методів кластерного аналізу над методами дискримінантного аналізу при дослідженні розвитку економічних структур у системі управління медичними установами є те, що вони менш чутливі до розмитості вибірки. Цей показник є найбільш критичним в більшості систем і методів, що вирішують задачі класифікації. Це обмеження слід враховувати при плануванні досліджень, тому на практиці буває досить важко організувати набір необхідної кількості об'єктів, що мають, крім усього, однакову якість досліджуваної інформації. Також ще однією перевагою є те, що метод кластерного аналізу працює навіть якщо не виконуються вимоги нормальності розподілів випадкових величин.

*Факторний аналіз* – багатовимірний метод, застосований для вивчення взаємозв'язків між значеннями змінних. Передбачається, що відомі змінні залежать від меншої кількості невідомих змінних і випадкової помилки.

Основний принцип факторного аналізу та багатомірного шкалювання (метод головних компонент) – зниження розмірності вибірки. При цьому ставиться завдання максимально зберегти інформацію, яка входить у весь набір даних, для чого вводиться характеристика – рівень пояснень дисперсії. Метою факторного аналізу є спроба якісно описати велику сукупність наявних параметрів.

Особливістю факторного аналізу є його "неупередженість" з точки зору аналізу об'єктів, тому фактично основний аналіз проводиться над кореляційною матрицею, що не включає інформацію про кожен об'єкт. Це важливо, якщо необхідно використовувати власні значення факторів для подальшого аналізу методами класифікації. Використання таких підходів допомагає вирішувати сучасні завдання, що мають проблеми розмірності.

Інтенсивний розвиток медичної реформи потребує з'ясування оптимальних умов розміщення нових амбулаторій та інших медичних установ при існуючих часових і транспортних обмеженнях. Проблема оптимального розміщення даних амбулаторій у вже існуючих поліклініках і медичних установах є задачею багатоаспектною і алгоритмічно складною. У проблемі оптимальності взаємного розташування амбулаторій можна виділити такі типи задач:

- планування розміщення амбулаторій у заданій області відповідно до вже існуючих медичних установ;

- формування мережі амбулаторій відповідно структурі населення (кількості населення, його вікової категорії);
- одночасне розміщення амбулаторій та планування кількості пацієнтів.

Вони можуть розглядатися як окремі випадки задач оптимального управління, що зводяться в математичній постановці до задач оптимального розбиття множин з розміщенням (або без) “центрів підмножин”.

Задачі оптимізації зводяться до задач розбиття заданої множини певної структури на його непересічні підмножини з метою мінімізації деякого критерію якості розбиття.

Такою задачею оптимального розбиття множин є задача розбиття деякого адміністративного району на регіони обслуговування амбулаторіями з метою мінімізації сумарних витрат на транспортні витрати та обслуговування пацієнтів медичними установами із забезпеченням належного рівня медичного обслуговування.

$$F(\{\Omega_1, \dots, \Omega_N\}, \{\tau_1, \dots, \tau_N\}) = \sum_{i=1}^N \left\{ \int_{\Omega_i} (c(x, \tau_i) + a_i) \rho(x) dx \right\} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $a_i$  – середня собівартість надання медичної послуги  $i$ -ю амбулаторією;

$c(x, \tau_i)$  – функція визначення транспортних витрат на виклик.

Для розв'язання цієї задачі можна використати метод, розроблений О.М. Кісельовою в [11]. На основі вказаного алгоритму розроблено програмне забезпечення мовою C++, яке дає змогу визначити оптимальні

Множину пацієнтів  $\Omega$  можна розбивати на непересічні між собою зони обслуговування  $\Omega_i$  пацієнтів  $i$ -ї амбулаторії, при цьому сумарна кількість пацієнтів, що обслуговуються  $i$ -ю амбулаторією і проживають на ділянці  $\Omega_i$ , не повинна перевищувати заданих обсягів:

$$\int_{\Omega_i} \rho(x) dx \leq b_i, i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

де  $\rho(x)$  – щільність населення в точці  $x$ ;

$b_i$  – максимально можлива кількість послуг, що надаються амбулаторією;

Не виключається, що деякі з підмножин  $\Omega_i$  виявляться порожніми, що означає доцільність закриття  $i$ -ї амбулаторії.

Потрібно розбити множину пацієнтів  $\Omega$  на зони обслуговування їх  $N$  амбулаторіями, тобто на підмножини  $\Omega_i, i = 1, \dots, N$ , і розмістити ці амбулаторії в  $\Omega$  так, щоб мінімізувати сумарну вартість амбулаторного обслуговування і транспортні витрати на виклики:

зони обслуговування населення існуючими амбулаторіями, враховуючи сумарні витрати на амбулаторне обслуговування та транспортні витрати на виклики, що, у свою чергу, дає змогу найбільш раціонально забезпечити високий рівень необхідної якості медичних послуг для населення в регіоні.

На рисунку показано вікно програми з результатами її роботи.

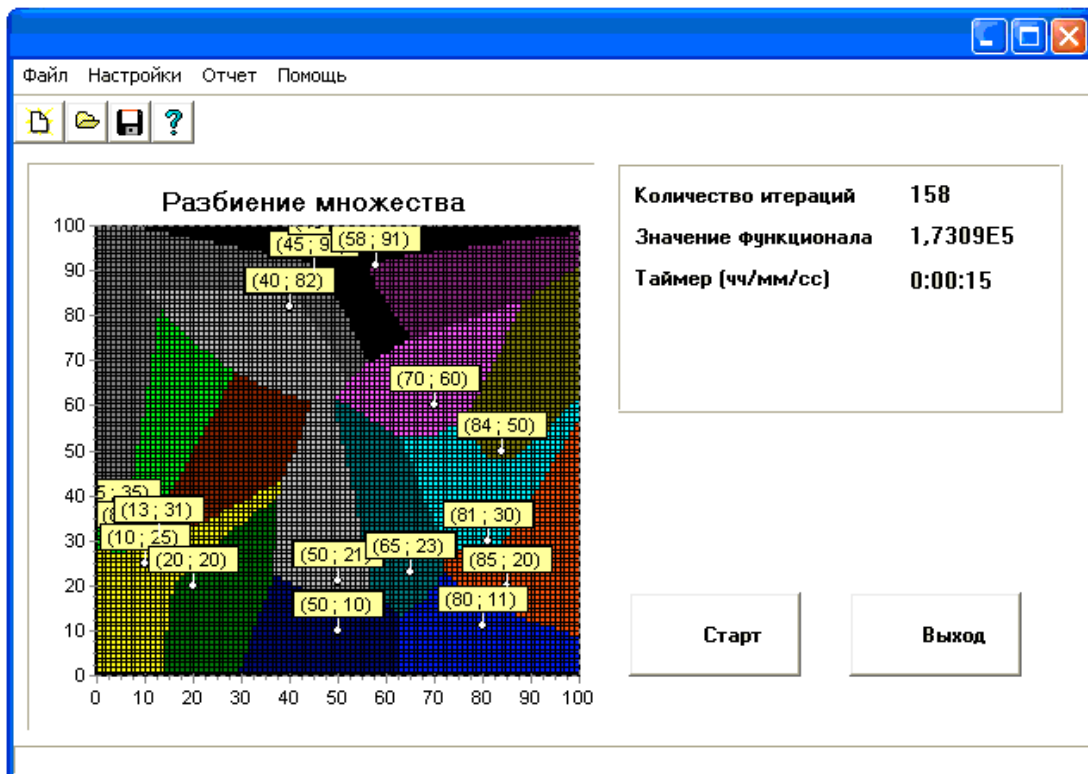


Рис. Оптимальні зони обслуговування амбулаторіями

Робота програмного забезпечення перевірялася для визначення оптимального розбиття Дніпропетровського району Дніпропетровської області на зони обслуговування сімнадцятьма амбулаторіями із заданими координатами їх розміщення. На рисунку положення амбулаторій зображується точками зі вказаними порядком координатами, кожна зона обслуговування окремою амбулаторією і зображується своїм кольором. Очевидно, що ці результатами є наближеними, оскільки реальні ситуації, для яких розробляють такі моделі оптимального розбиття множин, найчастіше характеризуються деяким ступенем невизначеності, що зумовлено недостатньою надійністю та кількістю інформації, на основі якої здійснюється вибір рішення.

#### IV. Висновки

Задачі оптимального розбиття множин в умовах неповної інформації про вихідні дані більш цікаві, ніж детерміновані, з точки зору практичних застосувань у сенсі адекватності реальним процесам. До таких задач зводяться, наприклад, задачі розміщення амбулаторій, які обслуговують населення, в разі, коли кількісний і якісний склад населення (від цього залежить перелік і кількість необхідних медичних послуг), що проживають на обслуговуваній ділянці (регіоні) та вартість транспортних витрат залежать від випадкових факторів.

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільш доцільним при моделюванні економічних структур у сфері медичного обслуговування буде використання саме моделей оптимального розбиття множин в умовах неповної інформації.

#### Список використаної літератури

1. Кісельова О.М. Розв'язання задач оптимального розбиття множин з обмеженнями на пропускні можливості комунікацій в умовах невизначеності: підруч. / О.М. Кісельова, Л.І. Лозовська, Я.Е. Кадочнікова. – Д.: ДНУ, 2007. – С. 123–139.
2. Терещенко Э.В. Моделирование данных экономико-социологических исследований / Э.В. Терещенко, И.В. Козин, В.А. Перепелица, Л.И. Лозовская // Вісник Запорізького національного університету : зб.

- наук. ст. Економічні науки. – Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2007. – № 2. – С. 50–58.
3. Киселева Е.М. Алгоритм решения задачи оптимальное покрытие множества заданным количеством шаров с известными радиусами. Вопросы прикл. математики и мат. моделирования : учеб. / Е.М. Киселева, Л.И. Лозовская, Е.В. Тимошенко. – Д.: ДНУ, 2008. – С. 110–117.
  4. Киселева Е.М. Решения непрерывных задач оптимального покрытия шарами с использованием теории оптимального разбиения множеств / Е.М. Киселева, Л.И. Лозовская, Е.В. Тимошенко // Кибернетика и системный анализ : Межд. научно-теоретический журнал. – К., 2009. – № 3. – С. 98–117.
  5. Підходи, інструменти та моделі менеджмент-орієнтованої діяльності в публічному адмініструванні: наук. розробка: підруч. / Ю.П. Шаров, І.А. Чикаренко, Т.В. Маматова, Л.І. Лозовська. – К.: НАДУ, 2011. – С. 64.
  6. Бандоріна Л.Н. Аналіз механізму впливу інформаційно-інтелектуальних систем на успішну діяльність підприємства / Л.Н. Бандоріна, М.С. Кузнецов, Л.І. Лозовська // Держава та регіони. – Запоріжжя: КПУ, 2012. – № 1. – С. 89–95.
  8. Сошникова Л.А. Многомерный статистический анализ в экономике: учеб. пособ. для вузов / Л.А. Сошникова, В.Н. Тамашевич; под ред. проф. В.Н. Тамашевича. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с.
  9. Дюрран Б. Кластерный анализ / Б. Дюрран, П. Одделл; пер. с англ. Е.З. Демиденко; под ред. А.Я. Боярского. – М.: Статистика, 1977. – 128 с.
  10. Шуметов В.Г. Факторный анализ: подход с применением ЭВМ: учеб. / В.Г. Шуметов, Л.В. Шуметова; ОрелГТУ. – Орел, 1999. – 88 с.
  11. Киселева Е.М., Шор Н.З. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы, приложения: монография / Е.М. Киселева, Н.З. Шор. – К.: Наукова думка, 2005. – 564 с.

Стаття надійшла до редакції 11.01.2013.

#### Трофименко А.С. Анализ методов моделирования экономических структур в сфере медицинского обслуживания

В статье проведен сравнительный анализ методов многофакторной статистики и предложено использование метода оптимального разбиения множеств для моделирования экономических структур в сфере медицинского обслуживания как наиболее рационального; практически реализован рабочий вариант данного метода в среде Visual C++.

**Ключевые слова:** экономико-математическое моделирование, многофакторная статистика, анализ, управление.

**Trofimenko A. Modeling methods analiz of economic structures in health area**

*In article author describes a comparative analysis of multivariate statistical methods and proposes the method of the optimal partition sets for modeling economic structures in the field of medical care, as the most rational as well as practically realized a working version of the method in the environment of Visual C ++.*

**Key words:** *economic modeling, multifactorial statistics, analysis, management.*