

CHAPTER 4.

SEGMENTATION ANALYSIS OF THE BRANCH CLUSTER INITIATIVES

Смерічевський С.Ф.

доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри маркетингу
Національного авіаційного університету

Савченко Л.В.

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри логістики
Національного авіаційного університету

Smerichevskyi Serhii

National Aviation University

Savchenko Lidiia

National Aviation University

КЛАСТЕРИЗАЦІЯ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІЇ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ

CLUSTERIZATION OF URBAN TERRITORY FOR BUILDING AN EFFECTIVE DELIVERY SYSTEM

Анотація. Поняття кластеризації має досить широке трактування. Зокрема, для території міста кластеризація часто передбачає отримання певних територіальних зон, які розглядають як єдине ціле при моделюванні транспортних потоків, організації логістичного обслуговування споживачів тощо. Сучасні програмні продукти з побудови ефективної схеми доставки товарів жителям міст часто мають можливість зонування території, що обслуговується. Це дозволяє вдало розподіляти транспортні засоби, водіїв та кур'єрів по різних частинах міста, будувати раціональні маршрути доставки. Стаття містить набір

математичних методів, що дозволяють розподілити міських споживачів на оптимальну кількість кластерів, а також здійснити кластеризацію території при заданій кількості зон, або отримати зони приблизно однакового розміру. Для моделювання транспортних потоків вантажного, пасажирського та індивідуального транспорту міст розглядається функціонал потужного програмного продукту PTV Vision® VISUM. Зонування території міста в ньому є необхідним етапом моделювання транспортних потоків. Окрему увагу приділено вирішенню логістичних задач, для яких географічна кластеризація (або зонування) міської території є доцільною або необхідною умовою отримання оптимальних рішень при організації перевезень. Прикладом вдалої кластеризації є застосування поштових індексів, що лягли в основу побудови логістики поштових операторів. Аналогічне розбиття міста на зони обслуговування взяте за основу приватними компаніями експрес-доставки, відділення яких розташовані як центроїди міських зон обслуговування.

Annotation. The concept of clustering has a broad interpretation. In particular, clustering often involves obtaining certain territorial zones for the city territory, which are considered as a whole when modeling traffic flows, organizing service logistics, etc. Modern software products for building an effective delivery scheme for urban customers often have the ability to zone the area being served. This allows to distribute vehicles, drivers and couriers across different parts of the city successfully, build rational delivery routes. The material contains a set of mathematical methods that allow to distribute urban consumers to the optimal number of clusters, as well as to divide the territory at a given number of zones, or to obtain zones of approximately the same size. To model the traffic flows of freight, passenger and individual transport of cities, the functionality of the powerful PTV Vision® VISUM software is considered. Zoning the city territory in it is a necessary stage for transport flows modeling. Particular attention is paid to the solution of logistic problems, for which geographical clustering (or zoning) of urban area is a suitable or necessary condition for obtaining optimal solutions in organization of transportation. An example of successful clustering is the use of postal codes, which formed the basis for the forming of postal operators' logistics. A similar division of the city into some service zones is a core of private express delivery companies, whose offices are located as centroids of urban service areas.

Вступ. Поняття кластеризації є досить широким для тлумачення. До класичного уявлення про кластеризацію як процесу, що застосовується для великої території (в межах країни, групи країн або навіть континенту), може бути додано поняття географічної кластеризації. Такий процес часто проводиться для території міста, і зазвичай називається зонуванням.

Актуальність кластеризації (або зонування) міської території обумовлена потребою у моделюванні та побудові раціональних маршрутів руху транспортних засобів, моніторингу вантажних та пасажирських потоків між різними районами або мікрорайонами міста. Під час кластеризації певна зона міста розглядається як єдине ціле з певним попитом на товари, пропозицією для інших зон, з відомою кількістю споживачів, магазинів, транспортних засобів тощо.

При кластеризації (зонуванні) території міста можуть бути поставлені такі цілі:

- моделювання логістичних потоків для раціональної організації дорожнього руху, побудови маршрутів, оцінки вузьких місць транспортної інфраструктури тощо;
- систематизація містобудування (отримання зон з приблизно однаковими показниками для застосування до них певних правил, технологій, обмежень тощо);
- організація доставки вантажів, сервісного обслуговування клієнтів міста (розбиття міста на зони для обслуговування клієнтів, що знаходяться всередині кожної зони).

1. Математичний підхід до кластеризації міської території

Кластеризація (або кластерний аналіз) – це задача розбиття множини об'єктів на групи, які називають кластерами. З математичної точки зору, кластеризація допомагає ідентифікувати сукупності тісно пов'язаних (за певним критерієм) об'єктів у первному наборі таких об'єктів. Усередині кожної групи повинні виявитися «схожі» елементи, а елементи різних груп (кластерів) повинні бути якомога більш відмінні. Головна відмінність кластеризації від класифікації полягає в тому, що перелік груп чітко не заданий і визначається під час кластерного аналізу.

Застосування кластерного аналізу в загальному вигляді зводиться до наступних етапів:

1. Відбір об'єктів для кластеризації.
2. Визначення критеріїв, за якими будуть оцінюватися об'єкти.

3. Обчислення міри схожості між об'єктами.
4. Застосування певного методу кластерного аналізу для створення груп схожих об'єктів (кластерів).
5. Отримання та аналіз результатів аналізу. За потреби – коригування моделі.

Першим завданням, яке рекомендується виконати перед початком кластерного аналізу, є оцінка загальної схильності наявних даних до об'єднання в кластери (clustering tendency).

Статистика Хопкінса є одним з індикаторів тенденції до групування. Для її розрахунку створюється декілька псевдо-наборів даних, згенерованих випадковим чином на основі розподілу з тим же стандартним відхиленням, що і оригінальний набір даних. Для кожного спостереження i з n розраховують середню відстань до k найближчих сусідів: w_i між реальними об'єктами і q_i між штучними об'єктами і їх найближчими реальними сусідами. Тоді статистика Хопкінса

$$H_{ind} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{\sum_{i=1}^n q_i + \sum_{i=1}^n w_i},$$

що перевищує 0,5, буде відповідати нульовій гіпотезі про те, що q_i і w_i подібні, а об'єкти, що групуються, розподілені випадково і є однорідними. Величина $H_{ind} < 0,25$ з 90%-м рівнем впевненості вказує на наявну тенденцію до групування даних.

У разі існування тенденції до групування даних при вирішенні завдання зонування міста або його частини можуть виникнути такі питання:

1. Яка кількість зон є оптимальною для зонування?
2. Як здійснювати зонування, якщо кількість зон задано наперед?
3. Як здійснювати зонування, якщо потрібно отримати зони з приблизно однаковою кількістю об'єктів (будівель, жителів тощо)?

Розглянемо можливі алгоритми, що дозволяють відповісти на ці запитання.

1. Визначення оптимальної кількості кластерів

Визначення кількості кластерів в наборі даних, що зазвичай позначається як k (наприклад, в алгоритмі k -середніх), є частою проблемою в кластеризації даних. Інші алгоритми, такі як DBSCAN і OPTICS, не вимагають попереднього завдання цього параметра; ієрархічна кластеризація повністю виключає відповідну проблему.

Збільшення k без врахування «ціни» такого збільшення завжди буде зменшувати кількість помилок кластеризації до крайнього випадку нульової помилки, якщо кожна точка даних розглядається як окремий кластер. Інтуїтивно зрозуміло, що оптимальний вибір k буде забезпечувати баланс між максимальним стисненням даних з отриманням лише одного кластера і максимальною точністю, при якому кількість точок дорівнює кількості кластерів. Є кілька методів для прийняття рішення щодо оптимальної кількості кластерів. Найбільш уживаний з них – метод ліктя.

Метод ліктя розглядає відсоток відхилення, пояснений як функція від числа кластерів. Ідея полягає у виборі такої кількості кластерів, щоб додавання іншого кластера не дало набагато кращого результату (рис. 1).

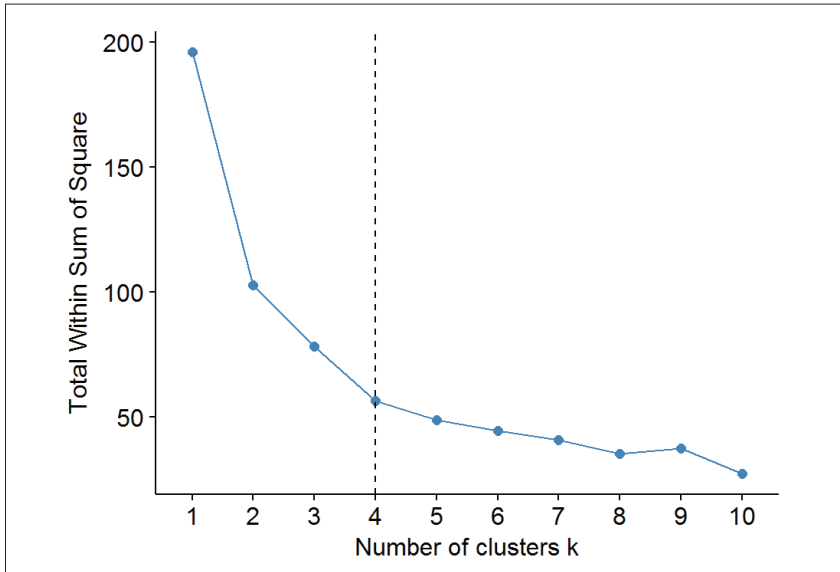


Рис. 1. Вибір оптимального числа кластерів за методом ліктя

Цей «лікоть» не завжди може бути однозначно ідентифікований [1], що робить цей метод суб'єктивним і ненадійним. Відсоток дисперсії – це відношення дисперсії між групами до загальної дисперсії, також відомої як F-критерій. Невелика зміна цього методу відображає кризисну внутрішньогрупову дисперсії [2].

Ще одним методом отримання оптимальної кількості кластерів є використання *статистики розриву* [3], які генеруються на основі ресемплінга та імітаційних процедур Монте-Карло. Нехай $E_n^* \{ \log(W_k^*) \}$ позначає оцінку середньої дисперсії W_k^* , коли k кластерів утворені випадковими наборами об'єктів з вихідної вибірки розміром n . Тоді статистика

$$Gap_n(k) = E_n^* \{ \log(W_k^*) \} - \log(W_k)$$

визначає відхилення наявної дисперсії W_k від її очікуваної величини при справедливості нульової гіпотези про те, що вихідні дані утворюють тільки один кластер.

При порівняльному аналізі послідовності значень $Gap_n(k)$, $k = 2, \dots, K_{max}$ найбільше значення статистики відповідає найбільш корисному угрупованню, дисперсія якого максимально менше внутрішньогрупової дисперсії кластерів, зібраних з випадкових об'єктів вихідної вибірки (рис. 2).

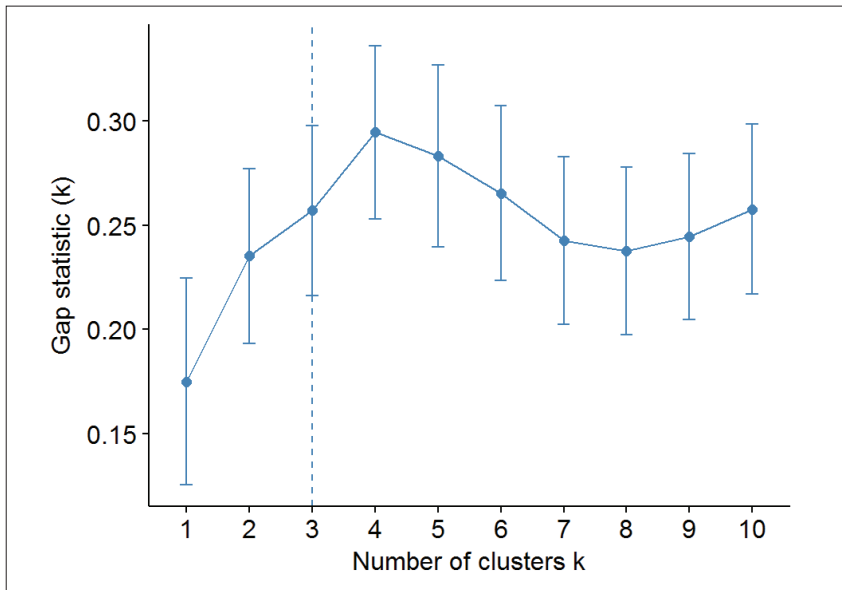


Рис. 2. Вибір оптимального числа кластерів за GAP-статистики

При використанні мови програмування R можна скористатися функцією *ramk()* з пакету *fpc*, яка не вимагає задавати наперед число кластерів, а оцінює його самостійно.

2. Кластеризація з відомою кількістю кластерів

Алгоритми неієрахічного поділу (Partitioning algorithms) [4] здійснюють декомпозицію набору даних, що складається з n спостережень, на k груп (кластерів) із заздалегідь невідомими параметрами. При цьому виконується пошук центроїдів – максимально віддалених один від одного центрів згущення точок C_k з мінімальним розкидом всередині кожного кластера. До алгоритмів поділу відносять:

- метод k середніх Мак-Кіна (k -means clustering; MacQueen, 1967), в якому кожен з k кластерів представлений центроїдом;
- поділ навколо k медоїдів або PAM (Partitioning Around Medoids; Kaufman, Rousseeuw, 1990), де медоїд – це центр ваги, координати якого зміщені до найближчого з вихідних об'єктів даних;
- алгоритм CLARA (Clustering Large Applications) – метод, вельми схожий на PAM і використовуваний для аналізу великих наборів даних.

Найпоширенішим алгоритмом кластеризації є метод k середніх. Він виконує кластеризацію наступним чином:

1. Призначається число груп (k), на які повинні бути розбиті дані. Випадково вибирається k об'єктів вихідного набору як початкові центри кластерів.

2. Кожному елементу присвоюють номер групи по найближчому центроїду, тобто на підставі найменшої евклидової відстані між об'єктом і точкою C_k .

3. Перераховують координати центроїдів μ_k усіх k кластерів і обчислюють внутрішню групову розкиди (within-cluster variation) $W(C_k) = \sum_{x_i \in C_k} (x_i - \mu_k)^2$. Якщо набір даних включає p змінних, то μ_k є вектор середніх з p елементами.

4. Мінімізується загальний внутрішню груповий розкид $W_{total} = \sum_k W(C_k) \rightarrow \min$, для чого кроки 2 і 3 повторюють багаторазово, поки призначення груп не припиняють змінюватися або не досягнуто задане число ітерацій *iter.max*.

Кластеризацію зручно проводити за допомогою мови програмування R. Граничне число ітерацій для мінімізації W_{total} , встановлене функцією *kmeans()* за замовчуванням, становить *iter.max* = 10 [5].

Об'єднання в кластери методом k середніх – дуже простий і ефективний алгоритм. Проте, результати кластеризації є чутливим до початкового вибору центрів груп. Можливе рішення цієї проблеми полягає в багаторазовому виконанні алгоритму з обранням різних первинних центроїдів.

3. Розбиття на (приблизно) однакові кластери

При необхідності отримання кластерів однакового (або приблизно однакового) розміру можна скористатися програмою, викладеною на мові Java [6]. Слід зазначити, що для міського зонування отримання однакових кластерів має сенс, якщо об'єкти кластеризації – замовники з певними географічними координатами. Тоді кластером може бути набір таких клієнтів, число яких дозволяє здійснити один маршрут доставки, завантаживши при цьому повністю транспортний кошти або кур'єра.

Інший приклад кластеризації з однаковим розміром кластера запропонований на мові R [7] (рис. 3).

Таким чином, можливо отримати зони міста з приблизно однаковою кількістю клієнтів в кожній з них. При цьому кількість зон можна задавати самостійно, в залежності від завдань і обмежень.

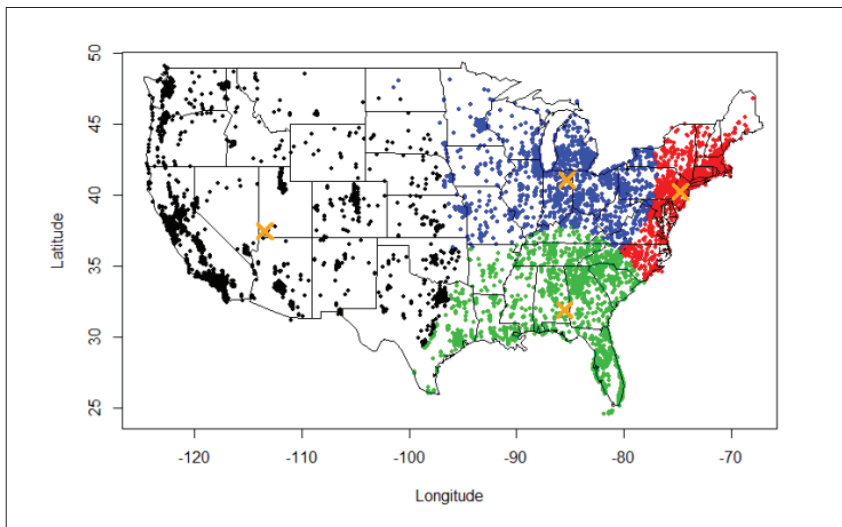


Рис. 3. Приклад кластеризації клієнтів території США на 4 кластери з приблизно однаковою кількістю клієнтів [7]

Оцінка якості кластеризації

Після отримання кластерного рішення зазвичай виникає питання, наскільки воно є стійким і статистично значимим. Тут існує емпіричне правило – стійка група повинна зберігатися при зміні методів кластеризації: наприклад, якщо результати ієрархічного кластерного аналізу мають частку збігів більше 70% з кластеризацією за методом k середніх, то припущення про стійкість приймається.

Інші методи і критерії оцінки якості результатів кластеризації (clustering validation) можуть бути вивчені в [8].

2. Моделювання логістичних потоків в місті

Ручні методи зонування території міста поміщені до функціоналу такого програмного продукту, як PTV Vision® VISUM (далі – VISUM). VISUM використовується більш ніж в 70 країнах світу, його застосовують понад 1100 різних організацій.

Основні елементи транспортного процесу, що потрібно внести до програми VISUM для отримання зон міста [9] (рис. 4):

- «вузли» (nodes) – перехрестя, перетини;
- «перегони» (links) – ділянки вулично-дорожньої мережі;
- «транспортні райони» (zones) – джерела і цілі кореспонденцій;
- «примикання» (connectors) – з'єднують центри транспортних районів з мережею індивідуального та громадського транспорту.

При розподілі території на транспортні райони (зони або кластери) кількість і розмір таких районів залежать від розмірів міста і кількості населення. При завданні кордонів транспортних районів рекомендують дотримуватися таких принципів:

Для системи громадського транспорту додатково до даних елементів додають:

- зупинки громадського транспорту (stops);
- маршрути руху громадського транспорту (lines).
- використання ліній природних і штучних перешкод (ріки, лінії залізниць і т. ін.);
- дотримання адміністративного районування території;
- облік функціонального зонування території міста;
- збереження існуючих кварталів забудови;
- недопущення утворення транспортних районів витягнутої конфігурації [10].

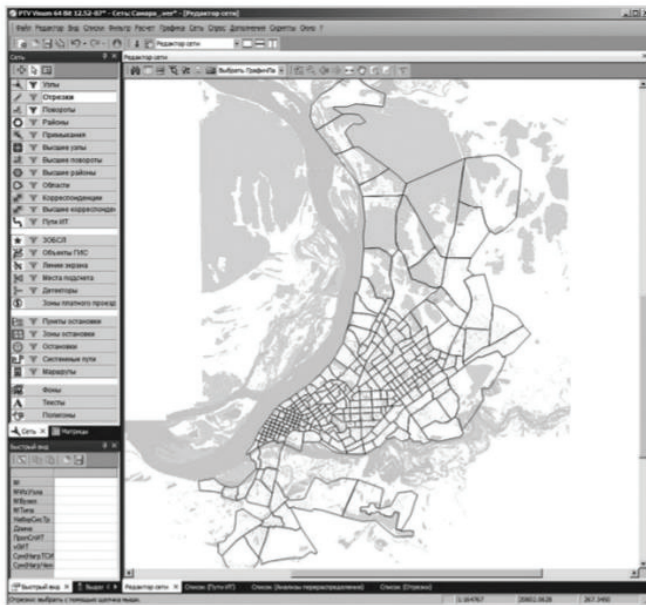


Рис. 17. Границы «транспортных районов» в транспортной модели г. Самара

Рис. 4. Приклад зонування території міста в VISUM

Транспортна модель, виконана в форматі VISUM, дозволяє моделювати системи як індивідуального, так і громадського транспорту. За потреби моделювання міського пасажирського транспорту, у транспортну модель вводять інформацію щодо громадського транспорту, види відповідного рухомого складу з його характеристиками. Далі створюють маршрутну мережу громадського транспорту, що прокладається по вулично-дорожній мережі, при цьому кожен маршрут проходить по відрізках через вузли та пункти зупинок (рис. 5).

У ході побудови моделі транспортного попиту визначають джерела і цілі транспортного руху, вводять параметри транспортної рухливості населення, формують матриці кореспонденцій за видами транспорту і цілями. У PTV Vision® VISUM «системи транспорту» (transport systems) через «сегменти попиту» (demand segments) зв'язують з «матрицями кореспонденцій» (OD matrix).

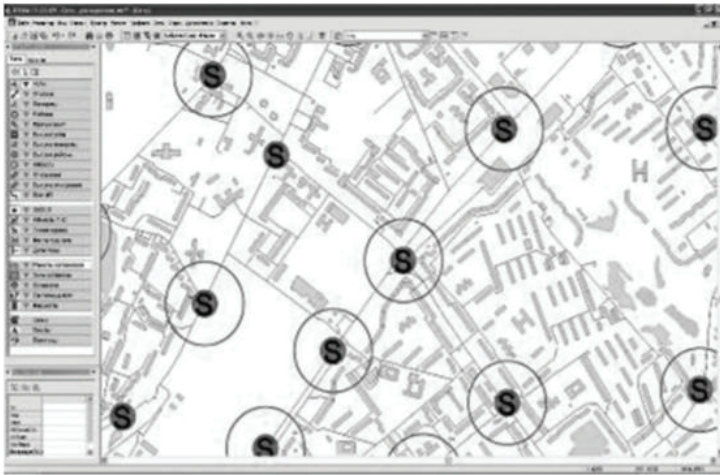


Рис. 5. Приклад відображення зупинок громадського транспорту з радіусами охоплення в VISUM

Необхідними вихідними даними для розрахунку попиту, в залежності від джерела і мети поїздки, є така статистична інформація кожної зони:

- загальна чисельність населення;
- чисельність працюючого населення;
- кількість робочих місць;
- кількість робочих місць в сфері послуг;
- чисельність учнів;
- кількість навчальних місць у вузах і школах.

Джерелами статистичних вихідних даних для створення моделі транспортного попиту зазвичай виступають: органи влади (адміністрації міст, регіонів), органи статистики, натурні обстеження і опитування. Більш докладно про статистичні дані, необхідні для розрахунку генерації транспортного попиту, викладено в [11; 12].

При створенні транспортних моделей максимальне наближення до реальної ситуації відбуватиметься при зборі вихідної статистичної інформації з максимальною дискретизацією – з прив'язкою до кожного будинку, магазину, офісу. Такий підхід дозволить у процесі калібрування моделі при необхідності змінювати кордони транспортних районів, дробити і об'єднувати їх, при цьому легко отримуючи значення

даних статистики шляхом підсумовування значень з будівель, що потрапляють на територію транспортного району (рис. 6).

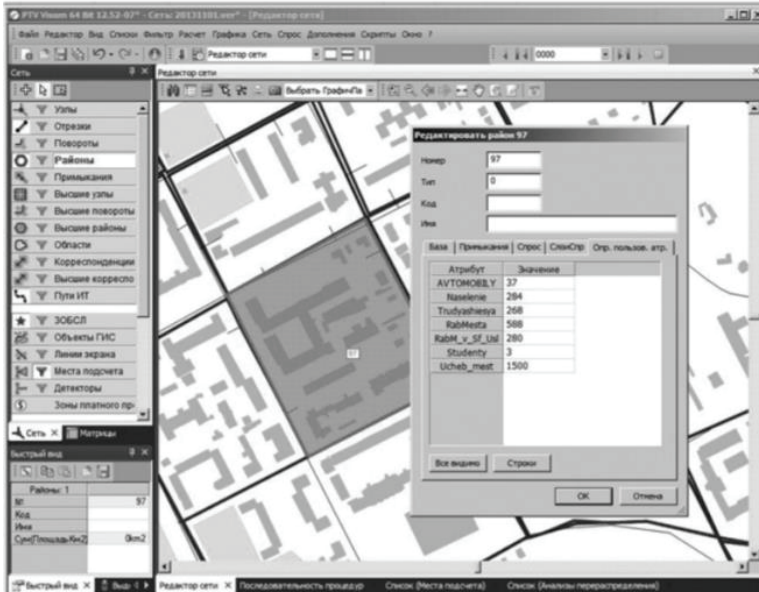


Рис. 6. Приклад внесення інформації про окремі житлові будинки в VISUM

У VISUM зонувannya міста або його частини в основному є попереднім етапом для подальших досліджень. Для планування вантажних або пасажирських перевезень необхідно визначити транспортну кореспонденцію між зонами. Під терміном «транспортна кореспонденція» слід мати на увазі переміщення людини (або одиниці вантажу) з одного місця в інше. В основі розрахунку «розподілу транспортного попиту» (trip distribution) зазвичай лежать гравітаційні і ентропійні моделі. Детальний опис методик розрахунку транспортного попиту наведено в [9; 10].

На жаль, використання програми VISUM в Україні обмежується практично моделюванням окремих ділянок дорожньої мережі, розв'язок міста. Тоді як в Європейських країнах міста давно мають транспортну модель, здатну відображати зміни в потоках, вузькі місця

транспортної мережі і т. ін. при будівництві нових будинків, мікрорайонів, відкритті великих магазинів, розважальних центрів, будівництві або знесенні парковок, заправок тощо. Копітка робота, що передусе такому широкому спектру моделювання, припускає занесення інформації про всі житлові будинки, юридичні особи, об'єкти торгівлі, магазини. Деталізація при цьому максимальна – до кількості пенсіонерів, працюючих жителів, школярів, студентів, автомобілів в сім'ї і т. ін. для кожного будинку. Така інформація дозволяє чітко відтворити матрицю кореспонденцій «дім-робота», «будинок-школа», «будинок-університет», «будинок-супермаркет» (і у зворотному напрямку) з високою долею вірогідності. Природно, занесення і коригування даних має відбуватися постійно, з урахуванням даних, отриманих від різних міських служб і органів, які фіксують зміну місця проживання, збільшення/зменшення кількості членів сім'ї, місце навчання дітей тощо.

3. Зонування в містобудуванні

При зонуванні території міста одним з можливих варіантів є поділ його території на чотири категорії, кожна з яких характеризується різною щільністю забудови, кількістю жителів (або споживачів транспортних послуг), обсягами вантажних і пасажирських перевезень і т. ін.):

- центр міста / центральний діловий район;
- міський житловий район;
- міський виробничий / промисловий район;
- передмістя.

Пропонуємо розглянути принципи і цілі зонування першої категорії (центру міста) м. Києва, що проводять у містобудуванні.

Згідно [13], містобудівна документація Зонінгу території міста, і, зокрема, центральної планувальної зони покликана забезпечити раціональне землекористування, збереження об'єктів історико-культурної спадщини, природно-заповідного фонду, ландшафтно-природного комплексу, їх домінантної ролі у міському середовищі, а також поліпшення екологічного стану навколишнього природного середовища в місті.

Для розроблення Зонінгу центральної планувальної зони м. Києва використовують наступні вихідні дані:

- Генеральний план м. Києва, містобудівну документацію;
- векторизовану картографічну основу;

- витяги з бази даних державного земельного кадастру;
- дані історико-архітектурного опорного плану;
- дані щодо автостоянок, паркінгів, смуг відведення залізниці, аеропортів, водних портів та інших транспортних споруд;
- програму розвитку зеленої зони та концепцію формування зелених насаджень в центральній частині міста, проекти прибережних захисних смуг, іншу науково-проектну технічну документацію;
- наміри інвесторів.

У Зонінгу міста Києва встановлюється структура територіальних зон та територіальних підзон. Територіальні зони визначають за основним функціональним призначенням і включають території забудови громадського, громадсько-житлового, житлового, ландшафтно-рекреаційного, комунально-складського, виробничого, спеціального призначення, території транспортної, інженерної інфраструктури, вулиць і доріг, історико-культурного призначення, природно-заповідного фонду. Територіальні зони розподіляють на територіальні підзони (рис. 7).

Територіальні зони є основою для встановлення узагальнених містобудівних регламентних вимог і обмежень територіальних підзон, які, у свою чергу, відображаються у плані зонування відповідних планувальних утворень. Схема зонування території міста уточнюється на основі планів зонування окремих територій з урахуванням обмежень їх використання, що встановлюють для забезпечення охорони навколишнього природного середовища, збереження об'єктів культурної спадщини відповідно до режимів забудови, визначених в історико-архітектурному опорному плані.

Межі територіальних зон та територіальних підзон встановлюють, як правило, по червоним лініям, а при їх відсутності – по лініям забудови кварталів, мікрорайонів або межах земельних ділянок та іншим штучним та природним рубежам. Межі підзон, пов'язаних з планувальними обмеженнями, визначають з урахуванням розповсюдження шкідливого впливу на навколишнє середовище, особливих природних умов (зсувів, підтоплення/затоплення, тощо), розміщення охоронюваних об'єктів або територій, вимог охорони культурної спадщини.

Таким чином, зонінг центральної частини м. Києва здійснюється за географічним та територіально-адміністративним принципом, що передбачає розбиття карти центральної частини міста на певну кількість частин (зон).

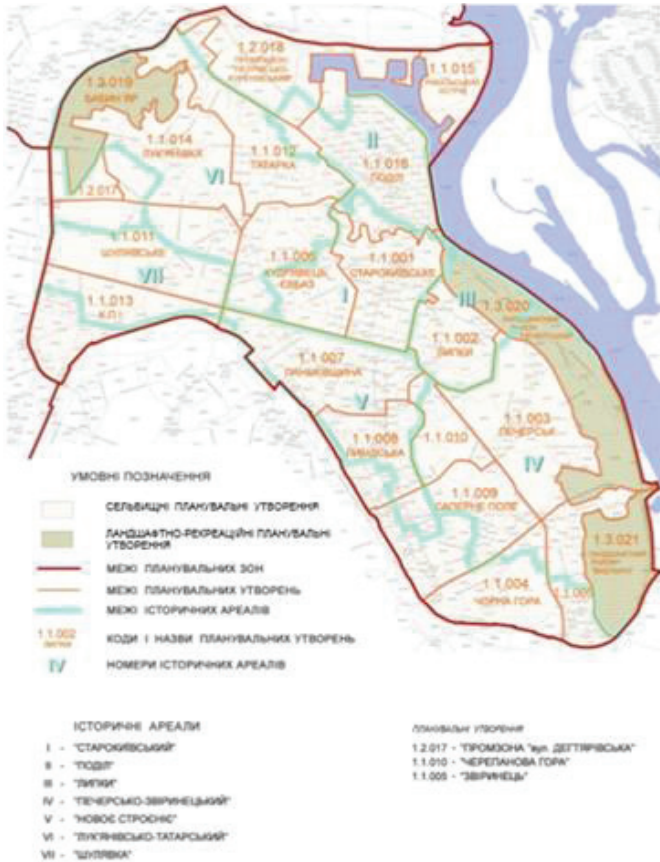


Рис. 7. Схема зонування центральної частини м. Києва

4. Зонування для міської логістики

В умовах міської доставки доводиться мати справу з масивом клієнтів, розташованих в різних місцях міста. При плануванні маршрутів доставки часто вдаються до кластеризації території, що для міста прийнято називати зонуванням. У даному випадку мається на увазі поділ міста на зони (кластери) з метою зниження транспортних витрат. Таким чином, основними критеріями, що використовують для міського зонування, є відстань маршруту і час перевезення. Критерій часу

необхідний у міських умовах, особливо при доставці під час ранкових і вечірніх заторів. У цей час мінімальна відстань зовсім не означає мінімальні транспортні витрати. Іноді збільшення відстані навіть вдвічі дозволяє, з одного боку, прискорити постачання, з іншого боку, скоротити транспортні витрати.

У сучасній міській логістиці широко використовується угруповання клієнтів по географічних зонах з можливим закріпленням за кожною зоною водіїв певного автомобіля або групи автомобілів, кур'єрів. Такий спосіб планування дозволяє водіям та кур'єрам досконально вивчити район обслуговування і налагодити контакти з приймальниками, що в цілому прискорює процес доставки та збільшує задоволеність клієнтів [14].

Розглянемо приклади програмних продуктів, що використовують зонування території для оптимізації логістики компанії.

ABM Rinkai TMS – програма планування оптимальних маршрутів доставки для сегментів B2B, B2C, транспортних компаній та ін.

Frontpad – програма для автоматизації служби доставки ресторану, кафе чи бару. Має зручний інтерфейс для створення замовлень і ведення складського обліку, систему автоматичного розподілу замовлень по зонах доставки і кур'єрам.

Мурашина логістика – програма, яка користується популярністю у компаній-дистриб'юторів. Можливість кластеризації міської території в цій програмі названа гео-зонуванням [15].

Таким чином, зони (або кластери), отримані для завдань міської логістики, припускають зазвичай:

- закріплення автомобілів, водіїв, кур'єрів за певними зонами міста;
- формування маршрутів доставки в межах певної зони.

При єдиному пункті відправлення всі зони міста повинні примикати до нього і включати клієнтів певного сектора міста.

Також зонування часто використовується в логістиці з метою отримання певних «поясів» з різною вартістю доставки. Такий підхід використовують служби таксі, доставки продуктів і т. ін. У такому випадку зони зазвичай представляють певні кільця, що розміщуються навколо точки відправлення, причому найближчі кільця мають найменшу (або навіть нульову) вартість доставки, а найбільш віддалені – найвищу.

Також широко використовується поділ міської території з метою обмежити кількість клієнтів в зоні доставки. Маючи середню вагу і об'єм однієї відправки і знаючи максимальну кількість товарів, яку

може забрати за раз кур'єр, місто має бути розділене на зони, в кожній з яких буде така кількість клієнтів, що дозволить максимально завантажити кур'єра, та не перевищити при цьому його «вантажопідйомності».

Саме зонування може проводитися як за допомогою програмних продуктів, так і за допомогою математичних методів, що викладені у п. 1 статті.

Наприклад, національний поштовий оператор України «Укрпошта» використовує для цих цілей поштові індекси. Цікавим фактом є те, що сучасні поштові індекси були вперше введені саме в Українській Радянській Соціалістичній Республіці в грудні 1932 року (рис. 8), але система була занедбана в 1939 році.



Рис. 8. Маркована поштова картка УСРС із закликом до застосування індексів на поштових відправленнях [16]

Наступною країною, яка ввела поштові індекси, була Німеччина в 1941 році, США прийшла до індексування лише в 1963 році [16].

Складена з трьох частин система поштових індексів в УСРС була коротким експериментальним проектом, вона поширювалася на всі куточки міжвоєнної України до різкого припинення в 1939 році [17].

Слід додати, що сучасні служби поштової та експрес-доставки з успіхом використовують зонування території (як міської, так і більш широкого діапазону) для планування власної логістики.

У сучасному світі поштові коди (або індекси) зазвичай присвоюються географічним районам (рис. 9).

Іноді коди присвоюють окремим адресам або установам, які отримують великі обсяги пошти, наприклад, державним органам або великим комерційним компаніям. Одним із прикладів є французька система Cedex.

Поштовий індекс часто пов'язаний із земельною ділянкою, але це не завжди так. Поштові коди зазвичай пов'язані з точками доступу на вулицях. Невеликі або середні будинки, як правило, мають тільки один вхід, який є точкою доставки. Великі підприємства, такі як торгові центри і великі будинки, можуть мати більше одного входу, відповідно, декілька пунктів доставки.

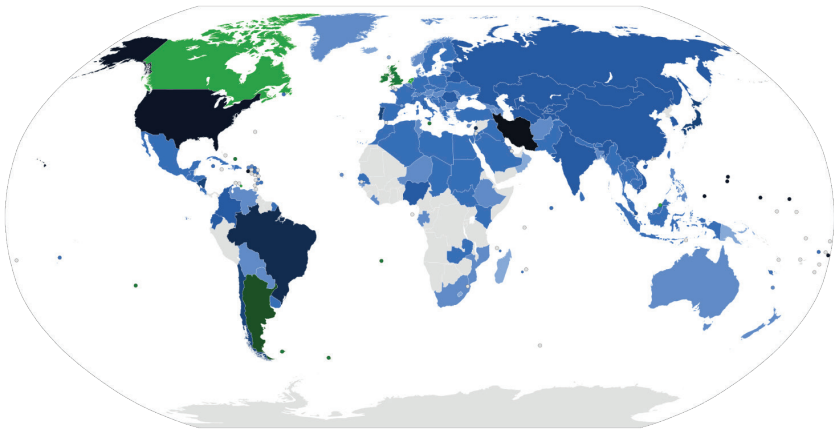


Рис. 9. Поштові коди країн за кількістю використуваних цифр:

3 4 5 6 7 8 9 10 та літер алфавіту: 6 7 8 [17]

Таким чином, семантика адреси і її поштовий індекс можуть відрізнятися, і одна земельна ділянка може мати більше одного поштового індексу.

Основне призначення поштових індексів – автоматизація інформаційного потоку, зручне сортування поштових відправлень. Однак, саме присвоєння індексів проводиться в більшості випадком для спрощення маршрутів доставки кореспонденції і посилок. Так, один індекс має частина міста, яку зручно обслуговувати з певного поштового відділення. У цілому такий самий принцип був перейнятий компаніями

експрес-доставки (Нова Пошта, Делівері та ін.). У цих компаніях зонування міської території підпорядковано ідеї зручного і економічного обслуговування міських жителів від відділень компанії. Саме тому компанії експрес-доставки намагаються відкривати відділення, максимально рівномірно покриваючи їми територію міста.

Висновок. Оцінюючи сучасний стан наукових і практичних розробок в області зонування міста для побудови ефективної системи доставки товарів жителям, об'єктам будівництва, бізнес-середовищу, об'єктам харчування і т. ін. слід констатувати деяку відірваність теоретичних матеріалів від практики. Цілком очевидно, що потреба бізнесу в якісних, швидких і недорогих програмних рішеннях для планування раціональної міської доставки зростає. Це підтверджується широким спектром компаній, що пропонують такі рішення на ринку як України, так і інших країн. Також помітний динамічний розвиток існуючих програм паралельно з розвитком хмарних технологій, блокчейна й ін. рішень, що спрощують і уточнюючих процес транзакцій учасників логістичних процесів, передачі та аналізу інформації, обробки даних в режимі реального часу. Однак, перспективним напрямком є можливість побудови і зміни маршрутів руху з урахуванням існуючих дорожніх умов. Мінливість дорожньої ситуації (аварії, ремонти дороги тощо) у поєднанні з непостійними погодними умовами змушує постійно коригувати заздалегідь збудовані логістичні потоки. У зв'язку з цим назріла потреба в більш складних програмах, здатних врахувати (а краще – передбачити) зміну погодних і дорожніх умов у режимі реального часу, миттєво видавши рекомендовані зміни для оперативного управління доставкою. Йдеться про перегляд маршрутів руху, додаванні або видаленні точок заїзду тощо. Таким чином, передбачається залучення елементів моделювання, прогнозування, причому в режимі реального часу. Програма повинна при цьому враховувати не тільки зміни в дорожній і погодній обстановці, а й поточне місцезнаходження та статус транспорту (в дорозі, обслуговує клієнта, на заправці, на відпочинку, зламаний і т. ін.) і клієнтів (обслужений, в процесі обслуговування, очікує обслуговування сьогодні, очікує обслуговування і т. ін.).

Отже, кластеризація (або зонування) міської території за територіальним принципом допомагає у впровадженні раціональних логістичних рішень при обслуговуванні клієнтів міста. Розгляд міста як набору мікрорайонів з певною кількістю клієнтів доставки у кожному

дозволяє як раціоналізувати маршрути доставки, так і забезпечувати надійний рівень логістичного сервісу через мінімізацію запізньєнь та помилок при здійсненні логістики останньої милі.

Список використаних джерел:

1. David J. Ketchen, Christopher L. Shook. The application of cluster analysis in Strategic Management Research: An analysis and critique. *Strategic Management Journal*. 17 (6). 1996. 441–458. doi:10.1002/(SICI)1097-0266(199606)17:6<441::AID-SMJ819>3.0.CO;2-G.
2. Cyril Goutte, Peter Toft, Egill Rostrup, Finn Årup Nielsen, Lars Kai Hansen. On Clustering fMRI Time Series. *NeuroImage*. 9 (3). 1999. 298–310. doi:10.1006/nimg.1998.0391. PMID 10075900.
3. Robert Tibshirani, Guenther Walther and Trevor Hastie. Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. *J. R. Statist. Soc. B*. 2001. 63, Part 2, pp. 411–423. URL: <https://web.stanford.edu/~hastie/Papers/gap.pdf>.
4. Шитиков В.К., Мاستицкий С.Э. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R. 2017. URL: <https://github.com/ranalytics/data-mining>.
5. Ross Ihaka and Robert Gentleman. R: A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*. Vol. 5, No. 3. 1996. pp. 299-314.
6. SameSizeKMeansAlgorithm.java. URL: <https://github.com/elki-project/elki/blob/master/addons/tutorial/src/main/java/tutorial/clustering/SameSizeKMeansAlgorithm.java>.
7. Spatial Clustering With Equal Sizes. November 4, 2013. By Wesley. URL: <https://www.r-bloggers.com/spatial-clustering-with-equal-sizes/>.
8. Kassambara A. Practical Guide To Cluster Analysis in R. *Unsupervised Machine Learning*. 2017. URL: https://www.datanovia.com/en/wp-content/uploads/dn-tutorials/book-preview/cluster_en_preview.pdf.
9. VISUM 12.5 Fundamentals, VISUM 12.5 Manual, 2012. PTV AG, Karlsruhe.
10. Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах. Москва : Министерство транспорта Российской федерации. 2003.
11. Ortuzar J.D., Willumsen L.G. *Modeling Transport*. John Wiley & Sons Ltd. 2001.
12. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов. Москва : Логос. 2013. 188 с.
13. План зонування території (зонінг) центральної планувальної зони міста Києва (проект). URL: <https://drive.google.com/file/d/0B7u41WkrvuApcHRkZEJUVm5NTjg/view>.
14. Гео-зоны и их применение в планировании. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=RFdJ5h5QNt4&feature=youtu.be>.
15. Оптимальная маршрутизация – дистрибуция. URL: https://blog.ant-logistics.com/2019/04/blog-post_92.html.
16. Поштовый индекс. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Поштовый_индекс.
17. Postal codes by country and digit-type. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Postal_code#/media/File:Postal_codes_by_country.svg.