



## КАРТОГРАФІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ АВТОТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ВЕЛИКОГО МІСТА

*На примере улично-дорожной сети Шевченковского района г. Киева разработана процедура определения элементарных ее участков для создания оптимальной системы мониторинга автотранспортных потоков большого города. На основе выделения групповых и индивидуальных признаков элементарных участков улиц и дорог определены однородные группы и центры их тяготения. Результаты представлены в виде картографического изображения, которое направлено на визуализацию и проведение картометрических исследований с целью организации мониторинга автотранспортной системы города.*

*On example of the road network of Shevchenko district in Kyiv city the procedure was developed for determination of road surface elements of the road network to create optimal system of monitoring of traffic flows in the big city. On the basis of detection of group and individual characteristics of road and street surface elements similar groups and their gravitation centers have been determined. The results are presented in the form of cartographic image which is aimed to visualize and conduct cartometric studies in order to organize monitoring of road network.*

**Постановка проблеми.** Картографічне забезпечення системи моніторингу автотранспортних потоків спрямоване на створення такої інформаційної системи, яка гарантуватиме надійне збирання, зберігання, відображення та оновлення просторово-координованих різночасових даних. Реалізація даного завдання лежить у площині створення геообразжень із заданими властивостями, візуалізація яких сприятиме організації оптимальної системи моніторингу роботи автотранспорту у великому місті.

Геоінформаційна візуалізація тісно пов'язана з моделюванням властивостей геообразжень та їх конструюванням. Моделювання і візуалізація результатів дослідження має на меті адекватно подавати інформацію у просторі й часі для безпосереднього чи опосередкованого її сприйняття та розуміння. Конструювання спрямоване на наочне подання та інтерпретування геообразжень засобами графічної візуалізації та дизайну. Таким чином, геоінформаційна візуалізація вирішує два завдання: 1) моделює об'єкт дослідження (характеристики, властивості, зв'язки, стан, функціонування тощо) з метою розуміння й інтерпретування; 2) конструює геообразження засобами графічної візуалізації та дизайну для його найкращого сприйняття і читання.

Характер майбутнього геообразження визначають вимоги, завдання і призначення дослідження. Споживач (замовник) висуває свої вимоги, умови й побажання до майбутнього зображення, на підставі яких картограф вибирає необхідні властивості геообразження та його вид. Важливим етапом при цьому є аналіз наявної інформації та виділення характерних ознак об'єкта картографування, визначення обсягів змістового наповнення зображення. Окреслення рамок властивостей, якими має бути наділена створювана модель, впливає на вибір виду геообразження, що найкращим чином відповідатиме запитам споживача.

Для візуалізації та дослідження проблем моніторингу автотранспортної мережі було обрано картографічне зображення за такими наперед означеними вимогами: 1) добра оглядовість; 2) геометрична точність; 3) максимальна інформативність;

4) оперативність (можливість швидкого оновлення).

Незважаючи на складність поставлених завдань, готова модель мала бути простою та зручною у користуванні, що, звичайно ускладнювало процес створення геообразження.

**Аналіз попередніх досліджень.** Відомі з праць [1, 2] методи дослідження параметрів дорожнього руху передбачають наявність відеореєстраторів у необхідному місці для проведення обстежень автотранспортних потоків. Проте вони не дають змоги провести вибіркові обстеження потоків, оскільки не допускають створення статистично значимої вибіркової сукупності ділянок вулично-дорожньої мережі, на яких проводять обстеження автомобільного руху з метою поширення отриманих результатів на всю (генеральну) сукупність ділянок мережі.

**Мета статті** – здійснити картографічну візуалізацію інформаційної системи для потреб моніторингу автотранспортної мережі великого міста (на прикладі Шевченківського району м. Києва).

**Виклад основного матеріалу.** Для вироблення алгоритму формування оптимальної системи моніторингу автотранспортних потоків обрано вулично-дорожню мережу Шевченківського району – центральної адміністративної одиниці Києва, що відзначається найвищими показниками густоти (близько 5,7 км/км<sup>2</sup>) вулично-дорожньої мережі міста [4]. Протяжність усіх вулиць та доріг району становить близько 150 км, при цьому домінуюча категорія – вулиці та дороги місцевого значення.

Порівняльний аналіз показників по адміністративних районах міста показав, що вулично-дорожня мережа Шевченківського району охоплює на 25-60 % більше магістральних вулиць та доріг. Тут доречно відмітити, що фактичні параметри (кількість смуг руху, ширина однієї смуги тощо) поперечного профілю вулиць та доріг у районі не завжди відповідають нормативам. Невідповідність вказаних параметрів призводить до хибного відображення процесів, які протікають у вулично-дорожній мережі міста. А система моніторингу повинна спиратися на оптимальну кількість стаціонарних постів, які розміщені в місцях перебігу основних процесів, бо саме це робить її інформативною та чутливою до флуктуацій у транспортній системі.

© Т. М. Курач, Р. В. Олійник, С. М. Тарабан, 2014



Розроблення оптимальної системи моніторингу автотранспортних потоків великого міста включає покрокову ітераційну процедуру знаходження репрезентативних елементарних (типових) ділянок, в межах яких рекомендується облаштування стаціонарних постів спостереження за автомобільним рухом.

Ітераційна процедура передбачає:

- розбиття вулично-дорожньої мережі міста на елементи (вулиці та дороги) за категоріями відповідно до діючої класифікації [2];

- розділення вулиць та доріг на елементарні ділянки з фіксованими структурними ознаками, що визначають характер і параметри розподілу автотранспортних потоків;

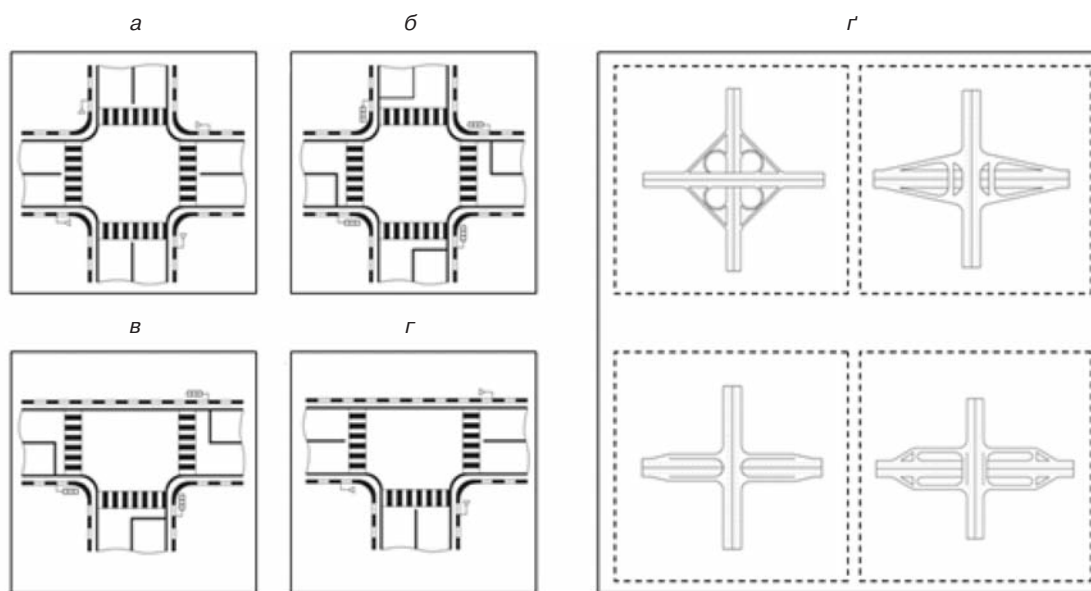
- формування однорідних груп елементарних ділянок вулиць та доріг з подібними груповими структурними ознаками;

ділянки, яка визначається за схемою перехресть (Х-подібне, Т-подібне, У-подібне та ін.) і їх типом (регульоване, нерегульоване) або наявністю транспортних розв'язок на її кінцях;

• параметри поперечного профілю проїзної частини елементарної ділянки (кількість смуг руху, ширина однієї смуги тощо).

За показник індивідуальної структурної ознаки було обрано параметри поздовжнього профілю проїзної частини елементарної ділянки (протяжність, ухил тощо).

При встановленні типу структурної конфігурації елементарної ділянки виявлено можливі комбінації (Т-1...Т-15) схем і типів перехресть, транспортних розв'язок на її кінцях. На мал. 1 зображено схеми перехресть, транспортні розв'язки, які бралися до уваги при встановленні типу ділянки.



Мал. 1. Схеми перехресть і транспортних розв'язок:

а – Х-подібне, нерегульоване; б – Х-подібне, світлофорне регулювання; в – Т-подібне, нерегульоване; г – Т-подібне, світлофорне регулювання; г' – перетин магістральних вулиць та доріг на різних рівнях

- встановлення характеру та параметрів розподілу індивідуальної структурної ознаки в межах сформованих однорідних груп елементарних ділянок.

Відповідно до вищенаведеної класифікації було сформовано масив даних, що містить всі елементи вулично-дорожньої мережі Шевченківського району. При цьому частка вулиць та доріг категорії "магістральні вулиці загальноміського значення" склала 30 %; категорії "магістральні вулиці районного значення" – 29 %; категорії "вулиці та дороги місцевого значення" – 41 %; відповідно частка елементарних ділянок, що належать до категорії "магістральні вулиці загальноміського значення" становила 31 %; категорії "магістральні вулиці районного значення" – 24 %; категорії "вулиці та дороги місцевого значення" – 45 %.

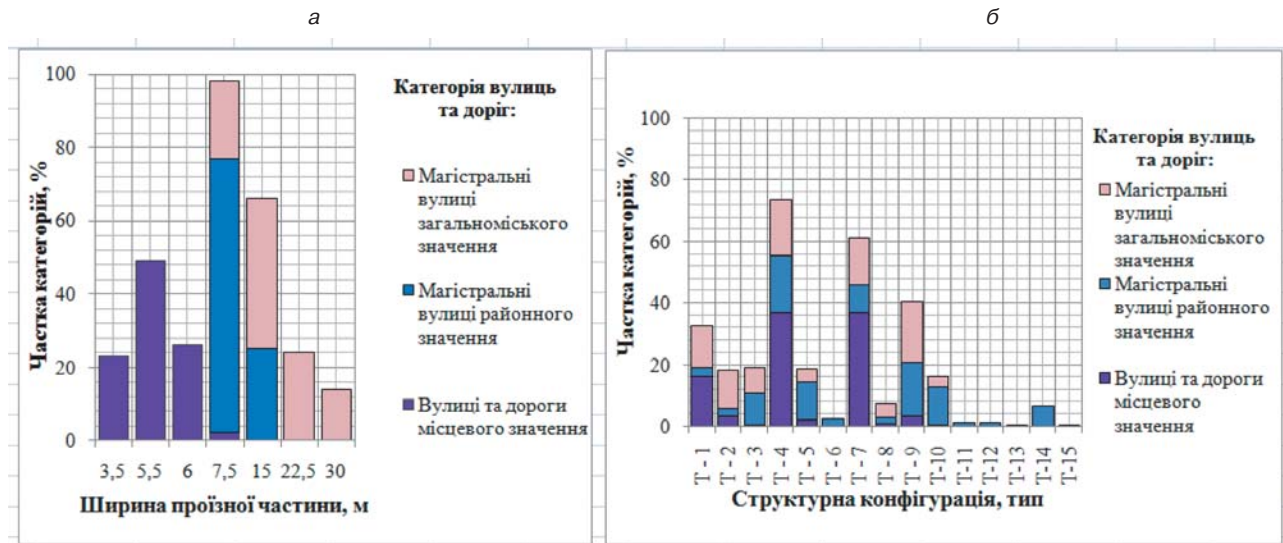
Класифікацію елементарних ділянок проведено на основі сформованих групових та індивідуальних структурних ознак із врахуванням ступеня їх впливу на параметри дорожнього руху.

За групові структурні ознаки було обрано:

- конфігурацію ділянки – форма елементарної

Групові та індивідуальні структурні ознаки елементарних ділянок вулиць та доріг Шевченківського району м. Києва встановлені використанням пошуково-інформаційного картографічного сервісу Яндекс – "Яндекс. Карти", а саме сумісного використання веб-сервісу "Яндекс. Панорами", інструменту "Вимірювання відстаней" та нормативного документа ДБН В.2.3-5-2001, додаток В, у якому вказано параметри різних типів поперечного профілю вулиць та доріг міста відповідно до категорії. Кожному елементу вулично-дорожньої мережі присвоєно відповідну категорію згідно з класифікацією вулиць та доріг нормативу [2]. Визначальним критерієм при встановленні категорії кожної вулиці та дороги міста є інтегральний показник інтенсивності руху, який залежить від розміщення на даній вулиці торговельно-розважальних комплексів, лікувально-профілактичних установ, навчальних закладів тощо.

На мал. 2 зображено розподіл ділянок вулиць та доріг (відповідно до категорії) району за груповими структурними ознаками елементарних ділянок.



Мал. 2. Розподіл елементарних ділянок вулиць та доріг Шевченківського району м. Києва за груповими структурними ознаками:

а – ширина проїзної частини; б – структурна конфігурація

Відповідно до розподілу, найбільшу частку множини елементарних ділянок вулиць та доріг (категорія "магістральні вулиці загальноміського значення") становлять ділянки зі структурною конфігурацією типу Т-9 (Т-подібне, нерегульоване/Х-подібне, світлофорне регулювання) – 19,6 %; для елементарних ділянок вулиць та доріг (категорія "магістральні вулиці районного значення") – Т-4 (Т-подібне, нерегульоване/Т-подібне, нерегульоване) – 18,6 %; для елементарних ділянок вулиць та доріг (категорія "вулиці та дороги місцевого значення") – Т-4 (Т-подібне, нерегульоване/Т-подібне, нерегульоване) і Т-7 (Т-подібне, нерегульоване/Х-подібне, нерегульоване) – близько 37 %.

Розподіл елементарних ділянок вулиць та доріг за категоріями відповідно до чинної класифікації (див. нормативний документ [2]) за структурною ознакою (ширина проїзної частини) дає неоднозначні результати. Зокрема, множина елементарних ділянок вулиць та доріг (категорії "магістральні вулиці загальноміського значення") характеризується високим показником (41 %) вмісту ділянок, проїзна частина яких включає чотири смуги руху (ширина однієї смуги згідно з нормативним документом для магістральних вулиць та доріг становить 3,75 м). Вміст множини елементарних ділянок вулиць та доріг категорії "магістральні вулиці районного значення" – це ділянки з дво-смуговою (їхня частка – 2 %) проїзними частинами. У свою чергу множина елементарних ділянок вулиць та доріг категорії "вулиці та дороги місцевого значення" розподілилася за розміром ширини проїзної частини так: ділянки проїздів типу "основні" (ширина проїзної частини за нормативом 5,5 м) становлять найбільшу частку – 49 %; ділянки житлових вулиць (ширина однієї смуги 3 м) – 26 %; ділянки проїздів типу "другорядні" (ширина проїзної частини 3,5 м) – 23 %; ділянки доріг промислових і комунально-складських зон (ширина однієї смуги 3,75 м) дають найменшу частку

(близько 2 %) від множини елементарних ділянок категорії "вулиці та дороги місцевого значення".

У рамках сформованих однорідних груп за індивідуальною структурною ознакою "протяжність ділянки" побудовано емпіричні функції розподілу елементарних ділянок вулиць та доріг. За характером та параметрами розподілу встановлено середні статистичні значення індивідуальної структурної ознаки "центри тяжіння сформованих однорідних груп", що використано для ідентифікації репрезентативних елементарних ділянок.

У рамках кожної однорідної групи розраховано вагові коефіцієнти завантаженості для всіх ділянок, що являють собою імовірнісні співвідношення інтенсивності автотранспортного потоку на елементах (ділянках) вулично-дорожньої мережі однієї групи до інтенсивності потоку на типових елементах відповідних груп:

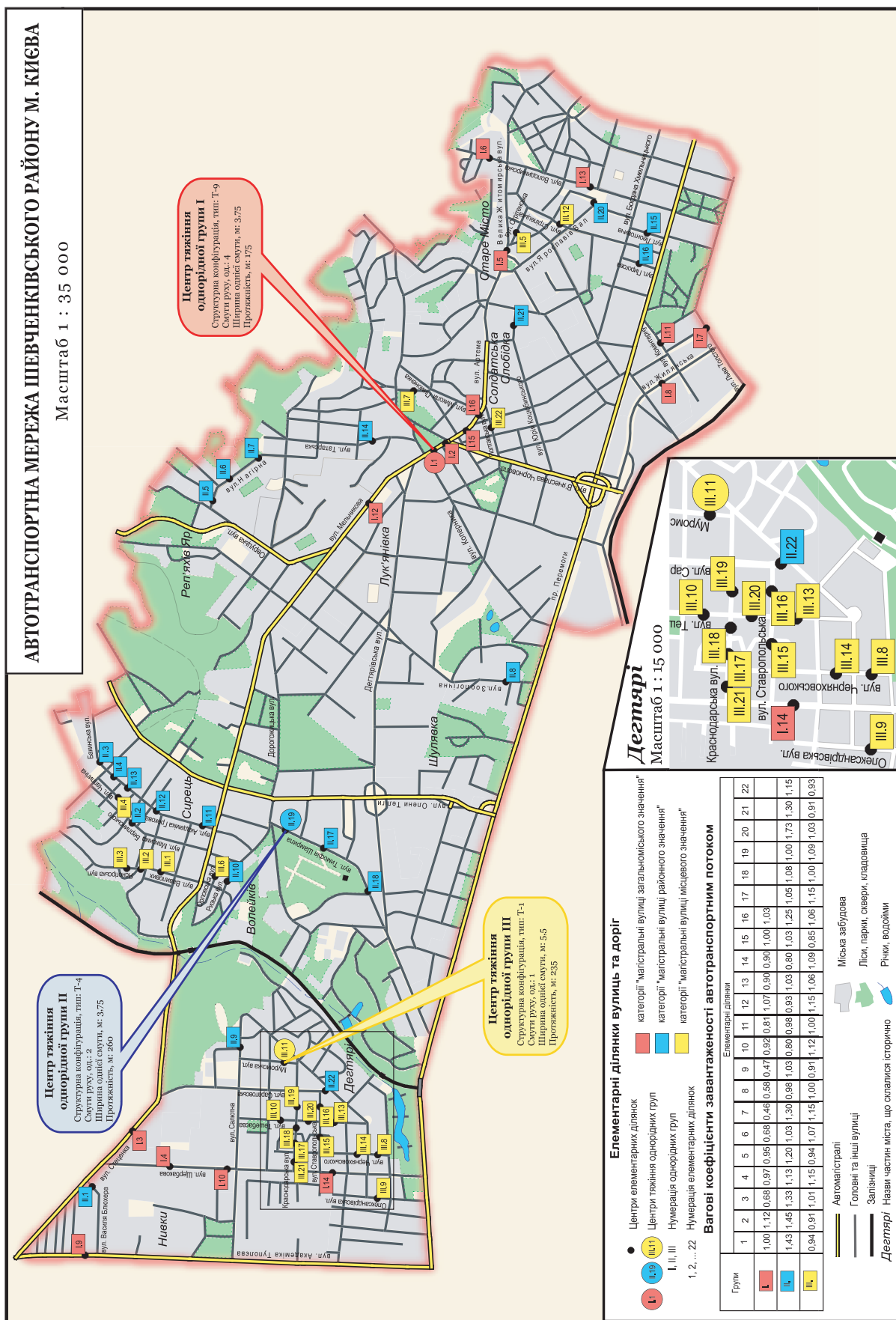
$$\omega_{ij}(t) = \frac{I_{ij}(t)}{I_i^T(t)}, \quad (1)$$

де  $\omega_{ij}(t)$  – ваговий коефіцієнт завантаженості ділянки шляху на певний фіксований момент часу  $t_j$  (ділянка належить до  $i$ -ї однорідної групи);  $I_{ij}(t)$  – інтенсивність автотранспортного потоку на фіксований момент часу  $t$  на  $j$ -й ділянці, що належить до  $i$ -ї однорідної групи;  $I_i^T(t)$  – інтенсивність автотранспортного потоку на фіксований момент часу  $t$  на типовому елементі  $T$ , що належить до  $i$ -ї однорідної групи.

Ваговий коефіцієнт завантаженості  $\omega_{ij}$   $j$ -ї ділянки, що належить до  $i$ -ї однорідної групи, зрештою дає середньодобовий коефіцієнт завантаженості  $\bar{\omega}_{ij}$  на  $j$ -й ділянці, що належить до  $i$ -ї групи:

$$\bar{\omega}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{ij}}{n}, \quad (2)$$

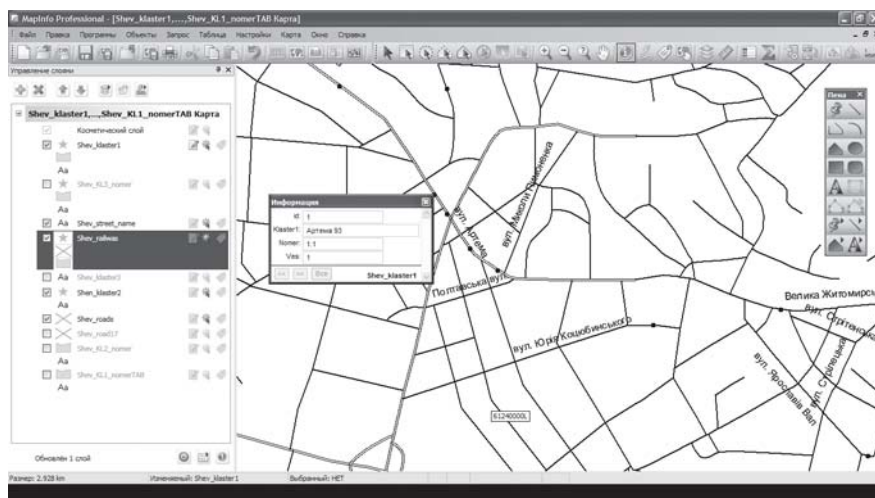
де  $n$  – кількість окремих спостережень за інтенсивністю автотранспортного потоку на  $j$ -й ділянці, що належить до  $i$ -ї однорідної групи.



Мал. 3. Карта мережі автотранспортних потоків Шевченківського району м. Києва

Картографічна візуалізація результатів дослідження відбулася в ході створення графічного образу за вищезазначеними вихідними і розрахованими даними для системи моніторингу автотранспортних потоків. Вимоги оглядовості було дотримано для формування цілісного образу і виявлення ділянок доріг, структурні ознаки яких максимально наближаються до ознак центрів їх тяжіння. Обраний масштаб відображення – 1:35 000 дав змогу одним поглядом оцінити все зображення і виявити осередки елементарних ділянок, що належать до різних, але однорідних груп. Окремо на карту-врізку паперової карти винесено збільшене зображення території історичної частини міста (Дегтярі) в масштабі 1:15 000 з найбільшою щільністю елементарних ділянок (див. мал. 3). Електронна карта дає можливість варіювати масштабом, значно збільшуючи окремі території району.

Для забезпечення геометричної точності прив'язування центрів елементарних ділянок спочатку було створено адресну карту з мережею автомобільних доріг, на якій центри визначено як геометричну середину довжини відповідних частин вулиць (мал. 4). Атрибутивна інформація містить адресу елементарної ділянки, її номер та ваговий коефіцієнт завантаженості автотранспортом. Базу даних окремих векторних шарів для трьох однорідних груп можна доповнювати інформацією чи уточнювати її в процесі моніторингу. Тематичну інформацію подано у вигляді окремих упорядкованих шарів, що дає змогу графічно швидко візуалізувати оновлені дані.



Мал. 4. Адресна карта елементарних ділянок Шевченківського району м. Києва

Максимальної інформативності зображення досягнуто завдяки нумерації елементарних ділянок, що винесена на карту у вигляді локалізованих значків та матричної таблиці у легенді з зазначенням вагових коефіцієнтів їх завантаженості. На довідкових виносках за межами карти подано додаткову інформацію про структурні ознаки центрів тяжіння однорідних груп. Елементарні ділянки вулиць та доріг трьох категорій (загальноміської, районної, місцевої) зображено різним кольором із відповідною нумерацією однорідних груп та елементарних ділянок.

Попередньо для карти було розроблено географічну основу в GIS-пакеті MapInfo у вигляді окремих векторних шарів цифрової, просторово прив'язаної ін-

формації про елементи місцевості: ліси, парки, сквери, кладовища; річки й водойми; міську забудову; назви частин міста, що склалися історично. Транспортна мережа – це дороги в межах району: автомагістралі, головні та інші вулиці й залізниці. Для уточнення географічної інформації, зокрема межі Шевченківського району, назв вулиць тощо використано додаткові картографічні матеріали – електронні (растрові) та паперові карти м. Києва у масштабі створеної карти (1:35 000) і в збільшеному (1: 27 000). Всю просторову інформацію прив'язано в геодезичній системі координат WGS84.

**Висновки та перспективи досліджень.** Створена карта наочно узагальнює результат проведеного дослідження зі встановлення завантаженості вулично-дорожньої мережі Шевченківського району м. Києва автотранспортними потоками. Встановлено щільність у межах району елементарних ділянок з однаковими груповими структурними ознаками. Це дало змогу виявити та об'єднати їх в однорідні групи (всього їх три) та визначити центри тяжіння кожної з них. Інформація про вагові коефіцієнти завантаженості дозволяє прийняти логістичне рішення, наприклад, розробити ефективні маршрути кореспондування.

Карта подає загальну картину розподілу центрів визначених елементарних ділянок автотранспортної мережі; точно локалізує центри, що дає можливість проводити картометричні вимірювання. Кодування ділянок у формі нумерації на карті й розшифровка кодів у легенді розвантажили зображення. Для важливих об'єктів (центрів тяжіння) додаткову довідкову інформацію подано у виносках. Створена інформаційна база просторово-координованих і атрибутивних даних легко оновлюється, а впорядковані шари тематичного навантаження дають можливість швидко візуалізувати результати.

Подальше дослідження теми моніторингу автотранспортних потоків великого міста полягає в розробленні повнофункціональної ГІС із геоінформаційною візуалізацією на геозображеннях різних форм за матеріалами дистанційного зондування Землі.

#### Література

1. Гаврилов, Е.В. Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля [та ін.]. – К.: Знання України, 2007. – 452 с.
2. ДБН 360-92\* "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень" – К.: Укрархбудінформ, 1993. – 107 с.
3. Паснак, І.В. UA 79573 У. Спосіб дослідження параметрів дорожнього руху / І.В. Паснак, В.Л. Душенко, П.Я. Яцків. – u201212532; заявл. 02.11.2012; опубл. 25.04.2013. – Бюл. № 8.
4. Тарабан, С.М. Сучасний стан і тенденції розвитку вулично-дорожньої мережі м. Києва / С.М. Тарабан // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ, 2013. – Вип. 90 – С. 24-32.

Надійшла 14.07.14