

DOI: 10.32347/2076-815x.2020.75.217-232

УДК 528.48:658.012.011.56

д.т.н., професор **Лященко А.А.**,

l_an@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6724-8092,

Гаврилюк Є.Ю., zenjahav123321@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-5758-5391,

Київський національний університет будівництва і архітектури,
к.т.н. **Смілка В.А.**, vlsmilka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7025-9398,
Департамент містобудування та архітектури виконавчого органу
Київської міської ради Київської міської державної адміністрації

АНАЛІЗ МЕТОДІВ УНІКАЛЬНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ В НАБОРАХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

Предметом аналізу є методи та засоби унікальної ідентифікації об'єктів в наборах геопросторових даних, що створюються, реєструються та використовуються в геоінформаційних системах різного призначення і територіального охоплення. Системи унікальної ідентифікації геопросторових об'єктів класифіковано за ознаками базових технології та наявності семантичного змісту в складі унікальних ідентифікаторів, зокрема це системи засновані на використанні: 1) універсальних унікальних ідентифікаторів типу UUID; 2) методів прямого геокодування з використанням координат об'єктів; 3) методів непрямого геокодування з використанням географічних назв та адрес. Виконано аналіз переваг та обмежень кожної поміж трьох груп систем унікальної ідентифікації геопросторових об'єктів. Результати обчислювального експерименту підтвердили можливість надійної унікальної ідентифікації будівель на основі використання 11-значного відкритого коду місцеположення OCL (Google плюс коду). Глобальна унікальність ідентифікаторів на основі OLC коду для геопросторових об'єктів будь-якого типу потребує додаткових досліджень, але його унікальність в межах об'єктів одного типу практично досяжна за рахунок варіативної довжини коду та можливістю його розширення додатковими атрибутами.

Ключові слова: унікальний ідентифікатор об'єкта; унікальний ідентифікатор будівлі; геопросторові дані; бази геопросторових даних; відкритий код місцеположення, геокодування

Вступ.

Практично повсюдне використання сучасних комп'ютерних технологій потребувало застосування механізму унікальної ідентифікації об'єктів самої різної природи, дані про які збираються та реєструються в базах даних

інформаційних систем різного призначення. Ідентифікатор об'єкта або OID (*від англ. Object Identifier*), зазвичай, це певна послідовність символів, що використовується для іменування об'єкта будь-якого типу глобально унікальним постійним цифровим іменем. Ідентифікатор OID, наданий певному об'єкту, не повинен повторно використовуватися для інших об'єктів. Основне призначення OID очевидне та зрозуміле як розробникам інформаційних систем, так і їх користувачам, коли виникає завдання зв'язування або пошуку відомостей про певний об'єкт, що зберігаються в різних інформаційних системах, в корпоративних чи глобальних інформаційних мережах. OID використовується як особливий атрибут об'єкта в моделях, який однозначно визначає всю сукупність інших властивостей об'єкта та використовується для встановлення його логічних зв'язків з іншими об'єктами в базі даних певної інформаційної системи або з іншими відомостями об'єкта в базах даних інших інформаційних систем.

Предметом аналізу в цій статті є методи та засоби унікальної ідентифікації об'єктів в наборах геопросторових даних, що містять інформаційні моделі об'єктів реального світу з координатними описами їх місцеположення та наборами атрибутів їх властивостей, які збираються, реєструються та використовуються в геоінформаційних системах (ГІС) різного призначення і територіального охоплення.

Метою статті є обґрунтування рекомендацій щодо вибору уніфікованої системи унікальної ідентифікації об'єктів в наборах геопросторових даних, запровадження якої належить до актуальних завдань, пов'язаних із забезпеченням інтеоперабельності наборів базових і тематичних геопросторових даних Національної інфраструктури геопросторових даних України (НІГД) [1], а також забезпеченням ефективної інтеграції даних з різних джерел при створенні та функціонуванні таких важливих для країни систем як: Єдина державна електронна систем у сфері будівництва [2], ГІС містобудівного кадастру [3, 5], ГІС моніторингу та управління майном і ресурсами об'єднаних територіальних громад тощо.

Аналіз останніх публікацій та постановка задачі. В сучасній ІТ-індустрії реалізовано низку підходів та засобів формування глобальних ідентифікаторів об'єктів різного призначення та предметних сфер застосування, зокрема: універсальний унікальний ідентифікатор UUID (*Universally Unique Identifier*) та глобальний унікальний ідентифікатор GUID (*Globally Unique Identifier*) для стандартної унікальної ідентифікації інформації та програм в розподіленому комп'ютерному середовищі [15]; цифровий ідентифікатор об'єкта DOI (*Digital Object Identifier*) для постійної та унікальної ідентифікації об'єктів інтелектуальної власності будь-якого типу [6]; топографічний

ідентифікатор TOID (*Topographic Identifier*) для унікальної ідентифікації об'єктів в базі топографічних даних Великої Британії OS MasterMap [8], відкритий код місцеположення OLC (*Open Location Code*) для кодування координат широти/довготи точки земної поверхні зазвичай 10-значним символьним кодом, який компанія Google пропонує використовувати як цифрову адресу будівель або навіть як адресу в регіонах або країнах, де відсутні традиційні системи адресації, а також для геолокації на місцевості з використанням сучасних засобів визначення координат та веб-картографування [13]; система геокодування адрес *what3words* та геолокації місцеположення з просторовим розрізненням сітки 3x3 метри, що заснована на онлайн-овому режимі спеціального веб-сервісу, який підтримує систему кодування та візуалізацію на електронній карті місця розташування для введеного коду [17] та інші.

Перші системи унікальної ідентифікація геопросторових об'єктів були розроблені та запроваджені в різних країнах для цілей ведення кадастрів земельних ділянок та нерухомого майна. Зазвичай, ці системи ґрунтуються на кодуванні об'єктів адміністративно-територіального устрою країни, об'єктів кадастрового зонування території та номерів земельних ділянок в межах кадастрових кварталів. Подібну систему унікальної ідентифікації земельних ділянок запроваджено і в системі Державного земельного кадастру України. Для унікальної ідентифікація будівель застосовуються різні системи, найчастіше це системи, ідентифікатор будівель в яких є похідним від кадастрового номера земельної ділянки, та ідентифікатори, що засновані на кодах систем муніципального обліку будівель та споруд або кодах їх поштових адрес [14]. В сучасних дослідженнях визначено недоліки цих підходів, зокрема, вразливість ідентифікатора об'єкта нерухомості до транзакцій із земельними ділянками (поділ, об'єднання ділянок) та/або змін в адміністративно-територіальному устрої або районуванні території муніципалітетів. Для ідентифікації будівель в сучасних інформаційних мережах в праці [14] досліджується використання глобального ідентифікатора GUID, а в [16] запропоновано систему засновану на використанні відкритого коду місцеположення OLC. Переваги та недоліки пропонуваніх підходів аналізуються у викладі основного матеріалу цієї статті.

Надання унікальних ідентифікаторів усім типам топографічних об'єктів, пов'язано з переходом від технології створення баз картографічних даних до баз топографічних даних, в яких створюються безшовні (не розділені на картографічні аркуші) моделі топографічних об'єктів та які складають основу наборів базових геопросторових даних (НБГД) національних інфраструктур геопросторових даних. Користувачі НБГД пов'язують свої власні тематичні

дані з унікальними ідентифікаторами та координатними описами об'єкти наборів базових геопросторових даних, що їх цікавлять. Одна організація може легко обмінюватися даними з іншою організацією, оскільки використовуються спільні унікальні ідентифікатори та геометрія об'єктів НБГД, що підтримуються централізовано адміністратором базових геопросторових даних. Першість запровадження технології масової унікальної ідентифікації топографічних об'єктів належить топографо-геодезичній службі Великої Британії Ordnance Survey [8]. «TOID» – це зареєстрована торгова марка Ordnance Survey. Відповідно до нещодавніх ініціатив щодо відкритих даних, Ordnance Survey заявила про свою політику щодо безоплатного використання TOID з метою спрощення інтеграції даних за допомогою бази геопросторових даних OS MasterMap. В базі даних OS MasterMap з унікальними ідентифікаторами TOID зареєстровано близько 440 мільйонів техногенних та природних об'єктів: будівлі, дороги, поля, об'єкти комунікаційної інфраструктури, визначні пам'ятки та багато інших типів об'єктів. Систему унікальної ідентифікації об'єктів TOID рекомендовано для використання в ГІС, цифровій картографії та будь-якому спеціальному комп'ютерному застосунку, включаючи не картографічні, де потрібно керувати інформацією про об'єкти реального світу [8].

Подібні TOID системи унікальної ідентифікації об'єктів запроваджено при створенні національних баз топографічних даних в Ізраїлі [9], Польщі [12], Фінляндії [11], Швейцарії [10], Ізраїлі [] та інших країнах.

Кожну поміж існуючих систем унікальної ідентифікації об'єктів можна характеризувати призначенням, певним центром та програмними сервісами наданням ідентифікаторів або коду, цілями та предметною сферою використання, множиною відомостей про об'єкти ідентифікації, які логічно зв'язані з ідентифікаторами та доступні для пошук і використання в інформаційному середовищі, або для визначення відповідного місця на земній поверхні у разі систем геолокації.

У цій роботі системи унікальної ідентифікації об'єктів додатково оцінюються в контексті їх використання для ідентифікації геопросторових об'єктів за такими властивостями як: відкритість специфікацій та алгоритмів кодування; можливість їх реалізації в програмних системах без необхідності звернення до веб-сервісів розробників систем кодування; забезпечення однакових значень унікальних ідентифікаторів для одних і тих же об'єктів при незалежному децентралізованому створенні ідентифікаторів в різних системах.

Виклад основного матеріалу. Основною властивістю OIД є його унікальність. В межах однієї бази даних можна досягти локальної унікальності ідентифікаторів, наприклад, шляхом використання вбудованого в системи

керування базами даних (СКБД) механізму присвоєння кожному об'єкту певного системного ідентифікатора – серійного номера запису в таблиці реляційної бази даних. Але завдання ускладнюється, коли необхідно забезпечити глобальну унікальність та однаковість OID для одного й того ж об'єкта в різних базах даних або в глобальній інформаційній мережі типу Інтернет .

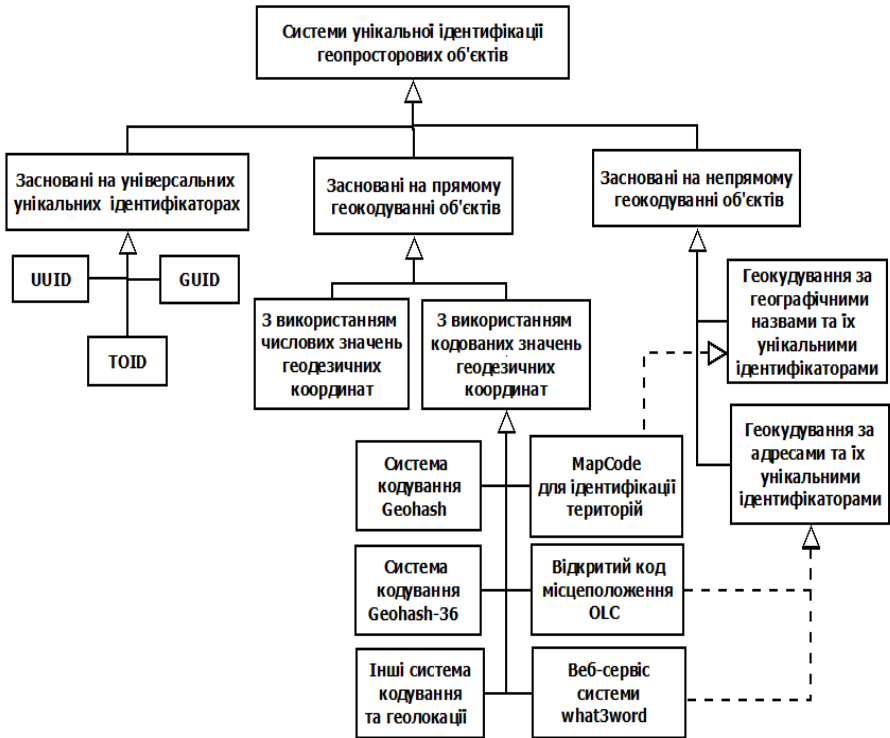


Рис. 1. Класифікація систем унікальної ідентифікації геопросторових об'єктів

Для вирішення цього завдання, як впливає навіть із стислого огляду останніх публікацій, в сучасній ІТ індустрії запропоновано низку рішень для різних сфер застосування. За результатами аналізу найпопулярніші поміж цих рішень та досвіду їх застосування для унікальної ідентифікації об'єктів в наборах та базах геопросторових даних нами запропоновано класифікацію систем унікальної ідентифікації геопросторових об'єктів (рис. 1) за первинною групою ознак, що характеризують застосування базових технологій та наявність в унікальних ідентифікаторах семантичного вмісту.

Перша група систем заснована на використанні універсальних унікальних ідентифікаторів типу UUID та GUID, які первинно були запропоновані для стандартної унікальної ідентифікації інформації та програм в розподіленому комп'ютерному середовищі [15]. Як система UUID – це стандарт, затверджений Open Software Foundation (OSF) у складі серії стандартів щодо розподіленого комп'ютерного середовища (DCE). Як конкретний ідентифікатор UUID – це 16-байтний (128-бітний) номер, який подається в шістнадцятковій системі числення та має вигляд рядка цифр, розділених дефісами на п'ять груп за схемою 8-4-4-4-12 (разом 36 символів: 32 цифри і 4 дефіси), наприклад: 550e8400-e29b-41d4-a716-446655440000. Значення UUID не має ніякого смислового змісту, а його призначення – це забезпечення глобальної унікальності ідентифікатора, незалежно від місця його формування. Підтримку UUID забезпечено практично у всіх універсальних СКБД як особливого типу даних з відповідними вбудованими функціями формування його унікальних значень. Власне ця підтримка і зумовила широке використання UUID як надійного унікального ідентифікатора об'єктів в багатьох сферах, зокрема і в базах топографічних даних з централізованою організацією його присвоєння та реєстрацією за певним геопросторовим об'єктом. Аналогічно централізовано присвоюється також ідентифікатор OS TOID, який адмініструється виключно Ordnance Survey, має префікса 'osgb' та унікальне значення з 13 – 16 цифр, наприклад: *osgb1000006032892* – це TOID Лондонської вежі [8].

Друга група систем унікальної ідентифікації геопросторових об'єктів заснована на прямому геокодування об'єктів з використанням безпосередньо значень геодезичних координат (широти/довготи) для певної особливої точки об'єкта, зазвичай це центроїд для полігональних об'єктів, яку називають точкою ідентифікації POID (*Point Identification*). Поміж недоліків використання прямих значень геодезичних координат як ідентифікатора геопросторових об'єктів визначаються залежність унікальності ідентифікатора від кількості знаків після коми в десяткових значеннях градуса, а також незручність у використанні великої кількості цифр, що може стати джерелом помилок при написанні або ручному введенні в комп'ютерні програми. Це зумовило розроблення низки методів кодування значень широти/довготи в послідовність літер і цифр. Ми не будемо докладно розглядати кожен з наведених на рис. 1 систем кодування координат місцеположення (іншими словами геокодування), оскільки це доступно в багатьох джерелах, зокрема [7]. Лише зауважимо, що системи геокодування за координатами можна згрупувати за двома категоріями: 1) ті, що перетворюють координати (широту/довготу) у коди, використовуючи певну схему кодування безпосередньо цифрових значень

координат (наприклад, система Geohash), та 2) ті, в яких земну поверхню розділяють ієрархічною сукупністю сіток та замінюють значення координат кодами чарунок сіток, яким належить цільова точка. В останній категорії чарунки сіток кодуються за допомогою алгоритму, який обчислює літерно-цифрові рядки та уникає впізнаваних слів (наприклад, для координат центроїду головного корпусу КНУБА (50,427553; 30,465786 в градусах) відкритий код місцеположення OLC має таке десяти символне значення з роздільником «плюс»: 9G2GCFG8+XF), або чарункам сітки ставиться у відповідність одне або кілька впізнаваних слів з англійського чи іншого словника (наприклад: *///nation.jumper.stone* за системою кодування веб-сервісу геолокації *what3words* [17]).

Унікальні ідентифікатори об'єктів на основі прямих методів геокодування мають семантичне навантаження, оскільки містять безпосередньо або в закодованому виді інформацію про місцеположення об'єкта на місцевості. Бажані властивості системи прямого геокодування для цілей геолокації визначено в [7]: 1) код повинен бути коротким та легко запам'ятовуватися, самодостатнім та унікальним для кожного місця; 2) код не повинен містити легко плутані символи (наприклад, 8 та B, 1 та I); 3) коди повинні надавати область у декількох просторових розрізненнях із змінною кількістю цифр (скорочений коду має відповідати більшій області, що містить одне і те ж місце); 4) порівняння двох кодів повинно пропонувати інформацію про просторовий зв'язок (топологічний, відстань чи напрямом) між відповідними місцями або зонами; 5) коди повинні бути статичними, генеруватися та декодуватися в автономному режимі, незалежними від будь-якого постачальника та вільними у використанні.

Остання властивість дуже важлива в контексті використання системи геокодування як основи для унікальної ідентифікації геопросторових об'єктів. Переліченим властивостям найбільш відповідає відкритий код місцеположення OLC, алгоритм формування і технологія використання якого запропоновані наприкінці 2014 року інженерним офісом Google у Цюріху [13]. OLC коди також називають "плюсовими кодами", оскільки для кращого читання використовується як роздільник знак «+» після перших восьми символів коду.

В праці [16] викладено результати експерименту з використання технології OLC для формування унікальних ідентифікаторів будівель UBID (*Unique Building Identifier*). Результати подібного експерименту для геопросторових даних міст України, проведеного авторами цієї статті, викладено нижче по тексту.

Третя група систем унікальної ідентифікації геопросторових об'єктів заснована на непрямому (опосередкованому) геокодування об'єктів з

використанням ідентифікаторів географічних назв та або ідентифікаторів поштових адрес будинків. Ці системи ґрунтуються на використанні відповідних баз даних географічних назв (електронних газетирів) та офіційних реєстрів адрес. Методологія геокодування з використанням ідентифікаторів географічних назв викладена в стандарті ДСТУ ISO 19112:2017 [4]. Для значень ідентифікаторів опосередкованого геокодування можуть використовуватися як ідентифікатори UUID, так коди геолокації або ідентифікатори за спеціальною структурою, що містить, наприклад, унікальний код населеного пункту, код вулиці та номер адреси. Природньо, що ідентифікатори географічних назв та адрес не забезпечують унікальну ідентифікацію геопросторових об'єктів усіх типів, оскільки не усі типи об'єктів мають географічну назву або адресу. Але ці ідентифікатори в базах геопросторових даних, як правило, належать до обов'язкових атрибутів типів об'єктів, які можуть мати географічну назву та/або адресу. Наприклад, в базі даних OS MasterMap об'єкти з адресною прив'язкою окрім TOID, також мають атрибут ідентифікатора OSAPR (*Ordnance Survey ADDRESS-POINT*). Кожному значенню OSAPR відповідає TOID, що забезпечую логічний зв'язок геопросторових об'єктів OS MasterMap з масивами відомостей про об'єкти, які мають адресну ідентифікацію. Бази даних реєстрів географічних назв та адрес досить широко використовуються в пошукових сервісах геопорталів та сервісах геолокації та належать до наборів базових геопросторових даних НІГД.

Результати експерименту використання відкритого коду OLC для унікальної ідентифікації будівель. Як уже зазначалось, OLC коди належать до найзручніших поміж засобів прямого геокодування, а відкрита специфікація дозволяє здійснити їх генерування в автономному режимі, незалежно від будь-якого постачальника. Значення OLC коду залежить виключно від координат точки, що кодуються, а отже є потенційна можливість забезпечити однакові значення унікальних ідентифікаторів для одних і тих же об'єктів в різних системах без централізованого їх адміністрування та реєстрації.

Для повноти викладу стисло розглянемо схему формування OLC або плюс коду [13]. Плюс коди відповідають областям земної поверхні, на які розбивається координатний простір ієрархічною сукупністю регулярних сіток. Найбільша сітка нульового рівня має блоки 20 x 20 градусів (9 рядків і 18 стовпців). Кожний блоку цієї сітки має чотири ієрархічних рівні поділу на сітку підблоків розмірністю 20 x 20. Починаючи з п'ятого рівня кожен підблок розбивається на сітку підблоки розмір 5 x 4. Відповідно до прийнятої структури OLC коду (рис.2) перші п'ять пар символів коду визначаються окремо за індексами (номерама в інтервалі 0 – 19) відповідності значень широти та

довготи певному блоку та вибираються із одновимірного упорядкованого масиву символів:

$\{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, C, F, G, H, J, M, P, Q, R, V, W, X\}$.

Символи коду для перших 5-ти пар значень широти/довготи на ієрархічних сітках блоків										11 – 15 символи коду координат за сітками 5 x 4				
Сш	Сд	Сш	Сд	Сш	Сд	Сш	Сд	+	Сш	Сд	Ск	Ск	Ск	Ск

Рис 2. Загальна структура OLC коду, де: Сш та Сд – символи коду для широти/довготи для перших п'яти рівнів блоків; Ск – символи коду координат за сіткою блоків розмірністю 5 x 4

11 – 15 символи коду вибираються за індексами належності координат широти/довготи блокам сітки розмірністю 5 x 4 з того ж набору символів, але упорядкованих у двовимірному масиві:

$\{\{2, 3, 4, 5\}, \{6, 7, 8, 9\}, \{C, F, G, H\}, \{J, M, P, Q\}, \{R, V, W, X\}\}$.

Таким чином, кожному значенню OLC коду відповідає певна область земної поверхні. Розмір області залежить від довжини коду. Чим довший код, тим менша область та більше просторове розрізнення (точність) коду. Зазвичай, коди плюс мають довжину 10, 11 або 12 символів відповідно з просторовим розрізненням на широті екватора 13.9 м, 2.8 x 3.5 м та 56 x 87 см.

Оскільки в ГІС значення південної широти та західної довготи, вихідні координати точок для геокодування зміщуються відповідно на 90° та 180°, а на кожному кроці визначення коду обчислюються координати базису відповідного підблоку відносно підблоку вищого рівня.

При проведенні експерименту використання відкритого коду OLC для унікальної ідентифікації будівель вирішувалися такі основні завдання:

1) розроблення прикладної функції формування OLC коду довжиною до 12 символів на мові PL/pg SQL для забезпечення геокодування об'єктів безпосередньо в базах геопросторових даних, які досить часто реалізуються в середовищі відкритої СКБД PostgreSQL з просторовим розширенням PostGIS;

2) дослідження довжини OLC коду, яка забезпечує однозначну ідентифікацію будівель на прикладі наборів геопросторових даних міст України;

3) дослідження використання для унікальної ідентифікації будівель OLC кодів координат центроїдів контурів будівель та координат центроїдів охоплюючих прямокутників (MBR) контурів будівель.

З використанням розроблених функцій було здійснено геокодування будівель дослідних наборів геопросторових даних на територію міста Києва (83 210 будівель) та Біла Церква (13 610) (див. приклад на рис. 3).

Проведений експеримент підтвердив: а) достатню повноту відкритої специфікації структури та алгоритму формування OLC коду для незалежної

автономної його реалізації без будь-яких консультацій з розробниками технології OLC; б) повноту засобів мови PL/pg SQL та функцій просторового розширення PostGIS для ефективно реалізації підтримки OLC коду безпосередньо в середовищі СКБД PostgreSQL.

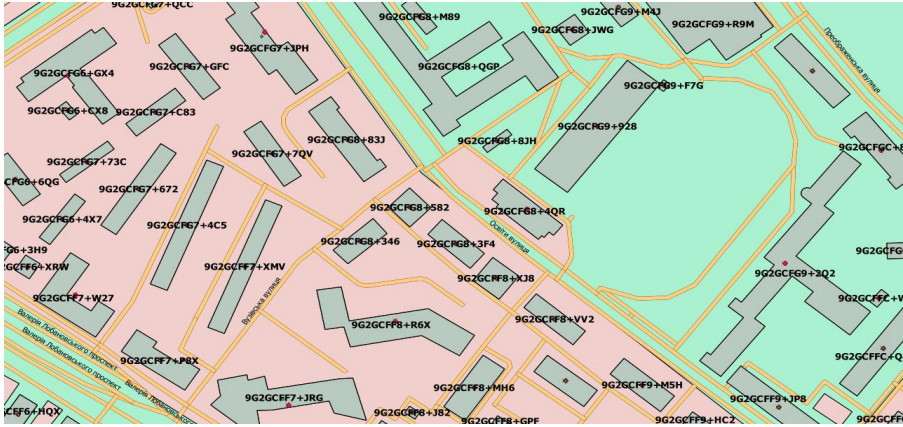


Рис. 3. Фрагмент електронного плану з унікальними ідентифікаторами будівель м. Києва на основі OLC довжиною 11 символів

Статистичний аналіз відстаней між центроїдами контурів будівель та центроїдами їх MBR (табл. 1) показує, що в понад 95% будівель ці відстані менше 5 м.

Таблиця 1. Статистика відстаней між центроїдами контурів будівель та центроїдами їх охоплюючих прямокутників

Значення інтервалу		Число об'єктів	
від	до	значення	%
<i>Набір даних для м. Києва</i>			
0	1.0	66956	80.47
1.0	5.0	12219	14.68
5.0	10.0	2336	2.81
10.0	20.0	1184	1.42
20.0	>75	515	0.62
Разом		83210	100
<i>Набір даних для м. Біла Церква</i>			
0	0.25	12594	92.53
1.0	5.0	756	5.55
5.0	10.0	141	1.04
10.0	20.0	78	0.57
20.0	>75.0	41	0.003
Разом		13610	100

Результати статистики топологічних відношення щодо належності центроїдів будинків та центроїдів MBR будинків відповідним контурам будинків (табл.1) дають підстави констатувати майже повне співпадіння показників для обох типів центроїдів.

Таблиця 2. Статистика належності центроїдів контурам будівель

Місто	Центроїди будівель		Центроїди MBR	
	кількість	%	кількість	%
Київ	81144	97,52	80138	96,31
Біла Церква	13394	98,41	13394	98,41

Результати статистичного аналізу топологічних відношень центроїдів охоплюючих прямокутників навколо контурів будівель та позитивні результати запитів щодо унікальності отриманих OLC кодів довжиною 11 символів для координат цих центроїдів дають підстави для висновку про можливість використання кодів OLC для унікальної ідентифікації будівель.

Висновки. Використання унікальних ідентифікаторів об'єктів в наборах та базах геопросторових даних значно полегшує обмін даними між різними типами програм і систем. Оскільки такі ідентифікатори залишаються незмінним протягом усього життєвого циклу реальних об'єктів, які вони ідентифікують, то це полегшує також оновлення геопросторових даних та їх постачання користувачам. Відпадає необхідність в завантаженні користувачами повного набору даних, достатньо лише отримати змінені дані з відповідними OID, та здійснити оновлення власних наборів даних з використанням спільних унікальних ідентифікаторів.

Варто наголосити на першочерговості запровадження унікальної ідентифікації об'єктів в базах топографічних даних, оскільки вони складають основу наборів базових геопросторових даних НІГД. Це створить умови користувачам базових даних застосовувати унікальні ідентифікатори об'єктів НБГД при формуванні власних наборів тематичних даних. Різні організації зможуть легко обмінюватися даними між собою, використовуючи унікальні ідентифікаторів та координатні описи об'єктів НБГД, що підтримуються централізовано адміністратором базових геопросторових даних.

Поміж існуючих систем унікальної ідентифікації об'єктів найкращу технологічну підтримку має універсальний унікальний ідентифікатор UUID, але його використання для геопросторових об'єктів потребує чіткої технологічно-організаційної структури його отримання та реєстрації для забезпечення однакових значень ідентифікаторів для одних і тих же об'єктів в різних системах.

Перспективним для вирішення останнього завдання є запровадження унікальних ідентифікаторів на основі відкритого коду місцезнаходження OLC, значення якого залежить виключно від координат певної характерної точки об'єкта, а отже за певних інституційних та нормативних заходах можна забезпечити системну єдність унікальних ідентифікаторів в різних базах геопросторових даних без централізованого їх адміністрування та реєстрації.

Результати проведеного експерименту дають підстави рекомендувати використання 11 символічний OLC код для унікальної ідентифікації будівель. Глобальна унікальність ідентифікаторів на основі OLC коду для об'єктів будь-якого типу потребує додаткових досліджень, але його унікальність в межах об'єктів одного типу практично досяжна за рахунок варіативної довжини коду та можливості його доповнення додатковими атрибутами.

Список літератури

1. Закон України Про національну інфраструктуру геопросторових даних : прийнятий 13 квіт. 2020 року № 554-IX// Відомості Верховної Ради України. – 2020. – № 37. – Ст. 277.
2. Про реалізацію експериментального проекту щодо запровадження першої черги Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва: Постанова Кабінету Міністрів України від 01.07.2020 р. № 559. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/559-2020-%D0%BF#Text/>.
3. Склад та зміст містобудівного кадастру: ДБН Б.1.1-16:2013. – [Чинні від 2013-09-01]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 57 с.
4. Географічна інформація. Просторова прив'язка за географічними ідентифікаторами: ДСТУ ISO 19112:2017 (ISO 19112:2003, IDT). – [Чинний від 2017-10-01] – К: ДП «УкрНДНЦ».
5. Лященко А.А. Базові моделі та методи інтеграції геопросторових даних в ГІС містобудівного кадастру / А.А. Лященко, А.Г. Черін // Містобудування та територіальне планування. – 2019. – Вип. 70. - С.351-365.
6. Цифровий ідентифікатор об'єкта. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Цифровий_ідентифікатор_об'єкта.
7. An evaluation of Location Encoding Systems. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/google/open-location-code/wiki/Evaluation-of-Location-Encoding-Systems>.
8. DNF& OS. Unique Object Identifiers within the Digital National Framework (DNF), DNF Expert Group and Ordnance Survey? 2005. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dnf.org/Papers/20051114%20Unique%20Object%20Identifiers%20v200.pdf>.
9. Felus Y. GIS Versioning Management – the Approach of the Survey of Israel, 2010. / Felus Y., Srebro H., Tal Y. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/4_8_2-W9/papers/final_3_ISPRS_FST_012810.pdf.
10. INTERLIS. Object Identifier (OID) – A Data Exchange Mechanism for Land Information Systems, 2009. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.interlis.ch/oid/oid_e.php.
11. Jakobsson A. Reinventing the National Topographic Database / A. Jakobsson, R. Ilves // Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. XLI-B4 – 2016. – Pages 733–736. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B4-733-2016.

12. Olszewski R. Methodology of creating the new generation of official topographic maps in Poland / R. Olszewski, J. Zieliński, A. Pillich-Kolipińska, A. Fiedukowicz, A. Głazewski, P. Kowalski. // Proceedings of the 26th ICC2013, Dresden, Germany. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://icaci.org/files/documents/ICC2013/_extendedAbstract/248_proceeding.pdf
13. Open Location Code: An Open Source Standard for Addresses, Independent of Building Numbers And Street Names [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://github.com/google/open-location-code/blob/master/docs/olc_definition.adoc.
14. Pyke C.R. Breaking barriers to interoperability: assigning spatially and temporally unique identifiers to spaces and buildings /C.R. Pyke I. Madan // Annals of the New York Academy of Sciences, Issue: The implications of a Data Driven-Built Environment. doi: 10.1111/nyas.12225.
15. UUID (Universally Unique Identifier) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/UUID>.
16. Wang N. Unique Building Identifier: A natural key for building data matching and its energy applications. / Wang N., Vlachokostas A., Borkum M., Bergmann H., Zaleski S. // Energy Build. 2019, 184, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.11.052>.
17. what3words address. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.what3words.com/design/what3words-address#overview>

д.т.н., профессор Лященко А.А.,
I_an@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6724-8092,
аспірант, Гаврилюк Є.Ю., zenjahav123321@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-5758-5391,

Київський національний університет будівництва та архітектури,
к.т.н. Смілка В.А., vlsmilka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7025-9398,
Департамент градостроїтельства та архітектури
исполнительного органа Київського міського совета
Київської міської державної адміністрації

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УНИКАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ В НАБОРАХ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Предметом анализа являются методы и средства уникальной идентификации объектов в наборах геопространственных данных, создаются, регистрируются и используются в геоинформационных системах различного назначения и территориального охвата. Системы уникальной идентификации геопространственных объектов классифицированы по признакам базовых технологий и наличия семантического содержания в составе уникальных идентификаторов, в частности это системы основаны на использовании: 1) универсальных уникальных идентификаторов типа UUID; 2) методов прямого геокодирования с использованием координат объектов; 3) методов косвенного геокодирования с использованием географических названий и адресов. Выполнен анализ преимуществ и ограничений каждой Из трех групп систем

уникальной идентификации геопространственных объектов. Результаты вычислительного эксперимента подтвердили возможность надежной уникальной идентификации зданий на основе использования 11-значного открытого кода местоположение OCL (Google плюс кода). Глобальная уникальность идентификаторов на основе OLC кода для геопространственных объектов любого типа требует дополнительных исследований, но его уникальность в пределах объектов одного типа практически достижима за счет вариативной длины кода и возможностью его расширения дополнительными атрибутами.

Ключевые слова: уникальный идентификатор объекта, уникальный идентификатор здания, пространственные данные, базы геопространственных данных, открытый код местоположения, плюс коды, геокодирование.

Doctor of sciences, Prof. Lyashchenko Anatoliy,
PhD Student, Havryliuk Yevhenii.
Kyiv National University of Construction and Architecture,
PhD, Smilka Vladislav,
Department of Urban Development and Architecture of the executive body of
the Kyiv City Council Kyiv City State Administration

ANALYSIS OF METHODS OF UNIQUE IDENTIFICATION OF OBJECTS IN GEOSPATIAL DATA SETS

The subject of analysis is methods and means of unique identification of objects in geospatial datasets, created, registered and used in geographic information systems for various purposes and territorial coverage. Systems for unique identification of geospatial objects are classified according to basic technologies and the presence of semantic content in the composition of unique identifiers, in particular, these systems are based on the use of: 1) universal unique identifiers such as UUID; 2) direct geocoding methods using object coordinates; 3) indirect geocoding methods using geographic names and addresses. The analysis of the advantages and limitations of each of the three groups of systems for the unique identification of geospatial objects is carried out. The results of a computational experiment confirmed the possibility of reliable unique identification of buildings based on the use of an 11-digit open code location code (OLC, Google plus code). The global uniqueness of OLC-based identifiers for geospatial objects of any type requires additional research, but its uniqueness within objects of the same type is practically achievable due to the variable length of the code and the possibility of its extension with additional attributes.

Key words: unique object identifier; unique building identifier; geospatial data; geospatial databases; open location code; plus code; geocoding.

REFERENCES

1. Zakon Ukrainy Pro natsionalnu infrastrukturu heoprostorovykh danykh: pryinyatiyi 13 kvit. 2020 roku № 554-IX [Law of Ukraine About National Geospatial Data Infrastructure from April 13 2020, № 554-IX] (2020). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine* [in Ukrainian].

2. Pro realizatsiiu eksperymentalnoho proektu shchodo zaprovadzhennia pershoi cherhy Yedynoi derzhavnoi elektronnoi systemy u sferi budivnytstva: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 01.07.2020 r. # 559 [On the implementation of the pilot project for the introduction of the first stage of the Unified State Electronic System in the field of construction: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from 01.07.2020 № 559.]. (n.d.). zakon.rada.gov.ua. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/559-2020-%D0%BF#Text/> [in Ukrainian].

3. Sklad ta zmist mistobudivnoho kadastru [Composition and content of the urban-planning cadastre] (2013). *DBN B.1.1-16-2013 from 1d September 2013*. Kyiv. Minregion Ukraine [in Ukrainian].

4. Heohrafichna informatsiia. Prostorova pryviazka za heohrafichnymy identyfikatoramy [Geographic information. Spatial referencing by geographic identifiers] (2017). *DSTU ISO 19112-2017(ISO 19112:2003, IDT) from 1d October 2019*. Kyiv. DP «UkrNDNTs» [in English].

5. Lyashchenko, A.A., & Cherin, A.H. (2019). Bazovi modeli ta metody intehtratsii heoprostorovykh danykh v HIS mistobudivnoho kadastru [Basic models and methods of geospatial data integration in GIS of urban-planning cadastre]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban planning and territorial planning*, 70, 351-365 [in Ukrainian].

6. Tsyfrovyi identyfikator obiekta [Digital object identifier]. (n.d.) <https://uk.wikipedia.org>. Retrieved from https://uk.wikipedia.org/wiki/Цифровий_ідентифікатор_об'єкта.

7. An evaluation of Location Encoding Systems. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/google/open-location-code/wiki/Evaluation-of-Location-Encoding-Systems>.

8. DNF& OS (2005). Unique Object Identifiers within the Digital National Framework (DNF), DNF Expert Group and Ordnance Survey. Retrieved from <http://www.dnf.org/Papers/20051114%20Unique%20Object%20Identifiers%20v200.pdf>.

9. Felus. Y. (2010). GIS Versioning Management – the Approach of the Survey of Israel. / Felus Y., Srebro H., Tal Y. Retrieved from https://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/4_8_2-W9/papers/final_3_ISPRS_FST_012810.pdf.

10. INTERLIS (2009). Object Identifier (OID) – A Data Exchange Mechanism for Land Information Systems. Retrieved from http://www.interlis.ch/oid/oid_e.php.

11. Jakobsson A. (2016). Reinventing the National Topographic Database / A. Jakobsson, R. Ilves // *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLI-B4 – 2016. – Pages 733–736. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B4-733-2016.

12. Olszewski R. (2013). Methodology of creating the new generation of official topographic maps in Poland / R. Olszewski, J. Zieliński, A. Pillich-Kolipińska, A. Fiedukowicz, A. Głazewski, P. Kowalski. // *Proceedings of the 26th ICC2013, Dresden, Germany.* Retrieved from https://icaci.org/files/documents/ICC2013/_extendedAbstract/248_proceeding.pdf.

13. Open Location Code: An Open Source Standard for Addresses, Independent of Building Numbers And Street Names. Retrieved from https://github.com/google/open-location-code/blob/master/docs/olc_definition.adoc.

14. Pyke C.R. (2013). Breaking barriers to interoperability: assigning spatially and temporally unique identifiers to spaces and buildings /C.R. Pyke I. Madan // *Annals of the New York Academy of Sciences, Issue: The implications of a Data Driven-Built Environment.* doi: 10.1111/nyas.12225.

15. UUID (Universally Unique Identifier). Retrieved from <https://uk.wikipedia.org/wiki/UUID>.

16. Wang N. (2019). Unique Building Identifier: A natural key for building data matching and its energy applications. / Wang N., Vlachokostas A., Borkum M., Bergmann H., Zaleski S. // *Energy Build.* 184, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.11.052>.

17. what3words address. Retrieved from <https://developer.what3words.com/design/what3words-address#overview>