

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.622

О. Д. Азаров, О. І. Черняк, В. В. Залізецький

МЕТОД КООРДИНАТНОГО ПОКРИТТЯ  
КАРТОГРАФІЧНИХ РЕГІОНІВ НА ОСНОВІ  
ПІЛКОПОДІБНОЇ ДВОНАПРАВЛЕНОЇ РОЗГОРТКИ

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Анотація.** Стаття знайомить з останніми науковими дослідженнями і публікаціями за декількома напрямками: можливості, обмеження та сервіси щодо карт і геолокації, способи оптимального заповнення/покриття прямокутників кругами, особливості роботи та обробки сигналів з сейсмометрів. На основі цих даних визначено, що Google карти дозволяють відображати лише 20 найближчих об'єктів певного типу. Проте інколи потрібно отримати більше інформації для якоїсь звітності, аналізу чи статистики. Відомо також, що компанія Google, окрім готових додатків, надає можливості та сервіси щодо карт і геолокації. Сервіси Google оснащені добре задокументованим, доступним для розробників API. У даній статті пропонується метод координатного покриття картографічних регіонів на основі пілкоподібної двонаправленої розгортки, що може використовуватись для пошуку об'єктів на місцевості з використанням Google Places API, а також в сейсмозвідці для визначення координат розміщення сейсмографів.

**Ключові слова:** Google API, геолокація, сейсмозвідка, пошук об'єктів на місцевості.

**Аннотация.** Стаття знайомить з останніми науковими дослідженнями і публікаціями по нескольким направлениям: возможности, ограничения и сервисы по картам и геолокации, способы оптимального заполнения / покрытия прямоугольников кругами, особенности работы и обработки сигналов с сейсмометров. На основе этих данных определено, что Google карты позволяют отображать только 20 ближайших объектов определенного типа. Однако иногда нужно получить больше информации для какой-то отчетности, анализа или статистики. Компания Google, кроме готовых приложений, предоставляет возможности и сервисы по картам и геолокации. Сервисы Google оснащены хорошо задокументированным, доступным для разработчиков API. В данной статье предлагается метод координатного покрытия картографических регионов на основе пилообразной двунаправленной развертки, который может использоваться для поиска объектов на местности с использованием Google Places API, а также в сейсмозвездке для определения координат размещения сейсмографов.

**Ключевые слова:** Google API, геолокация, сейсмозвездка, поиск объектов на местности.

**Abstract.** The article introduces the latest scientific research and publications in several areas: possibilities, constraints, and services related to maps and geolocation, ways of optimally filling/covering rectangle with circles, features of work and processing signals from seismometers. Based on these data, it has been determined that Google maps allows displaying only 20 nearest objects of a certain type. However, sometimes you need to get more information for some kind of reporting, analysis or statistics. Google, in addition to ready-made applications, provides opportunities and services for maps and geolocation. Google services are equipped with well-documented, API-accessible for developers. This paper proposes a method of coordinate coverage of cartographic regions based on a sawtooth bidirectional scan, which can be used to objects locating using the Google Places API, and in seismic surveys to determine the location coordinates of seismographs.

**Keywords:** Google API, micro-service, geolocation, seismic exploration, objects locating.

**DOI:** <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2018-43-3-18-23>.

## Вступ

**Актуальність** пояснюється тим, що при роботі з картами в мережі Internet часто виникає необхідність отримати інформацію про перелік, розташування та можливо відгуки про різні об'єкти (готелі, лікарні, дитячі садочки, тощо.) в межах певного міста. Зручні, безкоштовні Google карти доступні для завантажування та вбудовані в більшість сучасних смартфонів, дозволяють відображати лише 20 найближчих об'єктів певного типу.

Відомо, що компанія Google, окрім готових додатків, надає можливості та сервіси щодо карт і геолокації, що оснащені добре задокументованим, доступним для розробників API. Використовуючи Google Geocoding API можна одержати межі населених пунктів чи їх окремих районів у вигляді двох точок, що утворюють прямокутник, а Google Places API дозволяє здійснювати пошук лише по координаті та радіусу.

Звідси випливають **2 задачі** та 2 варіанти реалізації методу відповідно: оптимального заповнення та оптимального покриття прямокутної ділянки кругами. Подібна задача існує в сейсмозвідці, в якій потрібно розмішувати сенсори на заданій відстані один від одного з покриттям певної території. При цьому було б зручно бачити в реальному часі скільки території покрито, де розміщено сенсори та де потрібно встановити наступний сенсор.

У даній статті пропонується метод координатного покриття картографічних регіонів на основі пілкоподібної двонаправленої розгортки, що може використовуватись для пошуку об'єктів на місцевості з використанням Google Places API, а також в сейсмозвідці для визначення координат розміщення сейсмографів. Запропонований метод підтримує два режими роботи: базовий та режим з перекриттям.

### Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій за темою статті, вимагає ознайомлення з літературою з цього питання за декількома напрямками: можливості, обмеження та сервіси щодо карт і геолокації, способи оптимального заповнення/покриття прямокутників кругами, особливості роботи та обробки сигналів з сейсмометрів.

Проблемами моніторингу місцезнаходження та навігації займається компанія Google, що надає можливості та сервіси щодо карт і геолокації [1].

Відомі способи заповнення/покриття геометричних фігур іншими фігурами показано на електронному ресурсі [2]. Дослідженням питань заповнення прямокутників кругами займалися такі зарубіжні науковці, як Graham, Schaer, Meir, De Groot, Peikert, Wengerodt та інші. Дослідженням та висвітленням актуальних питань в сфері покриття прямокутників кругами присвячено праці таких зарубіжних науковців, як Denes Nagy, Hans Melissen, Peter Schuur, Kari Nurmela, Patric Östergård, T. Tarnai, Z. Gáspár та інших.

Багатоканальними системами, аналого-цифровими (АЦ) перетвореннями, опрацюванням і аналізом даних з акустичних сенсорів в тім числі й у сейсмозвідці займається Крупельницький Л. В. [3]. Ефективним вирішенням задач цифрової обробки сигналів з використанням кодів золотої пропорції займається Черняк О. І. [4].

### Особливості реалізації методу

Метод координатного покриття картографічних регіонів на основі пилкоподібної двонаправленої розгортки може використовуватись для пошуку об'єктів на місцевості з використанням Google Places API, а також в сейсмозвідці для визначення координат розміщення сейсмографів. У статті буде розглянуто застосування методу для вирішення задачі пошуку об'єктів на місцевості з використанням Google Places API.

Метод передбачає два режими роботи: базовий та режим з перекриттям. В базовому режимі, зони пошуку об'єктів йдуть поряд, одна біля одної, без перекриття, тому режим вимагає значно менше переміщень зони пошуку, працює швидше, та дозволяє отримати досить точні результати. Точність результатів варіюється в залежності від встановленого в запиті значення параметру `strictBounds`. Це параметр, що суворо обмежує зону пошуку. Якщо значення встановлено як `false`, то результати будуть дещо виходити за межі зони пошуку. Тому в залежності від потреб, можна використовувати цей параметр і контролювати чіткість дотримання меж зон пошуку. Режим з перекриттям, на відміну від базового, надлишковий, адже зони пошуку частково перекривають одна одну і це призводить до великої кількості дублікатів у результатах, які доводиться фільтрувати.

Межі населених пунктів чи їх окремих районів за допомогою Google Geocoding API визначають дві точки, що утворюють прямокутник. Приклад визначення меж міста за допомогою Google Geocoding API зображено на рисунку 1.

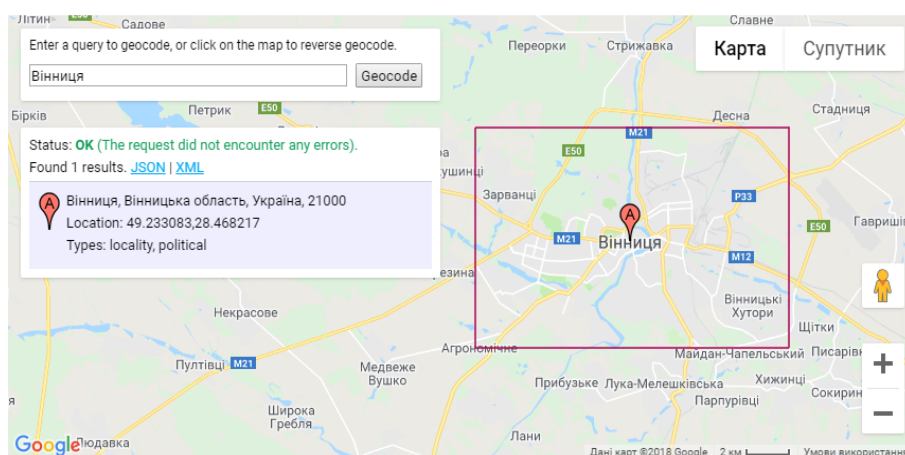


Рисунок 1 – Визначення меж міста з використанням Google Geocoding API

Маючи прямокутну ділянку було б добре в межах цієї ділянки здійснювати пошук об'єктів прямокутними зонами пошуку. Це дозволило б спростити алгоритм, досягти кращого покриття території, позбавити необхідності фільтрувати дублікати в режимі з перекриттям, тай взагалі не потрібно було б 2 режими реалізації методу. Але на момент написання статті Web-сервіс Google Places API та офіційна клієнтська бібліотека Google API для Java дозволяли здійснювати пошук лише по координаті та радіусу.

Звідси випливають 2 задачі: оптимального заповнення та оптимального покриття прямокутної ділянки кругами для різних режимів реалізації методу відповідно. На рисунках 2-3 зображено відомі способи вирішення цих задач [2].

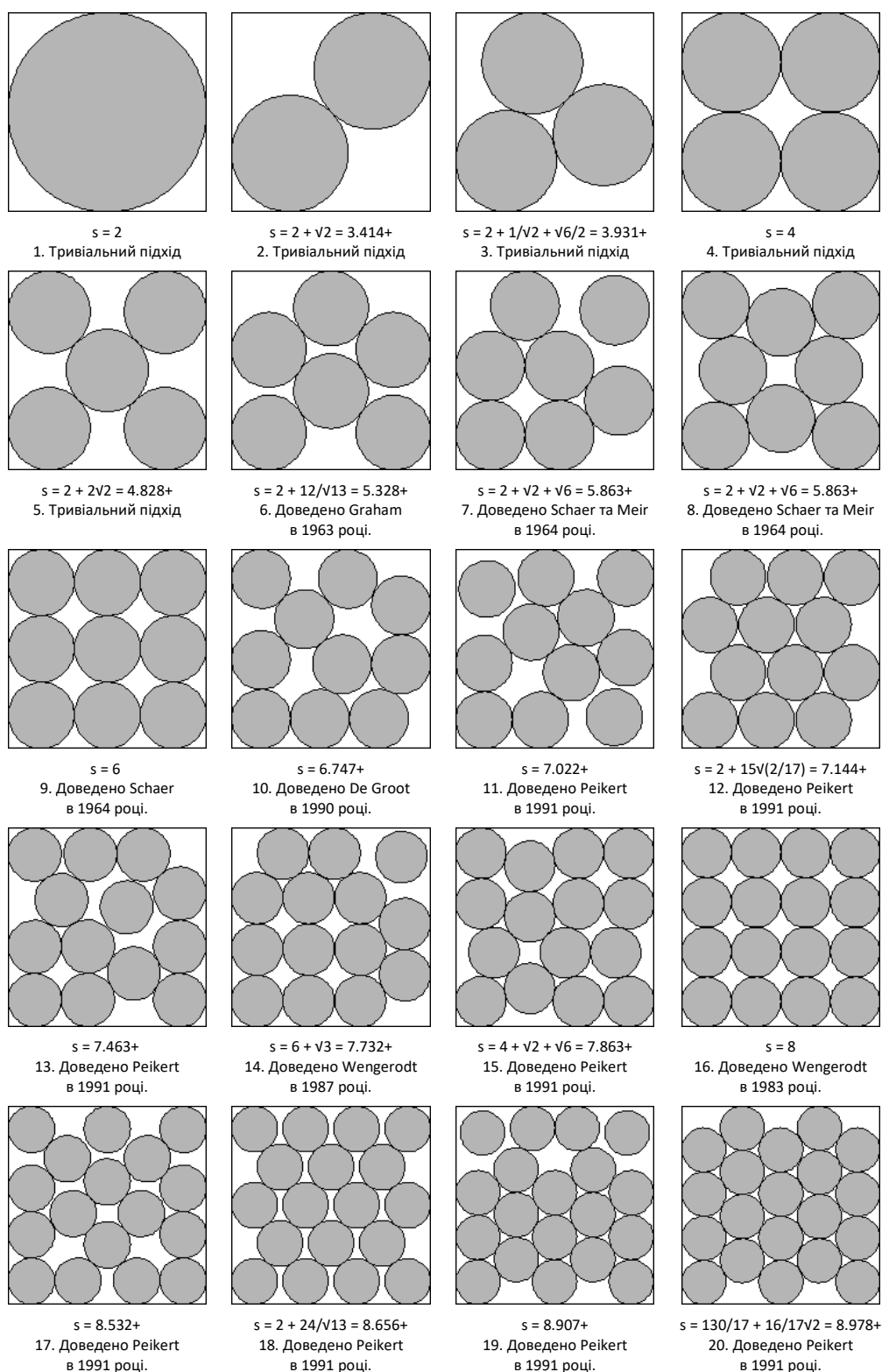


Рисунок 2 – Відомі способи заповнення прямокутної ділянки кругами

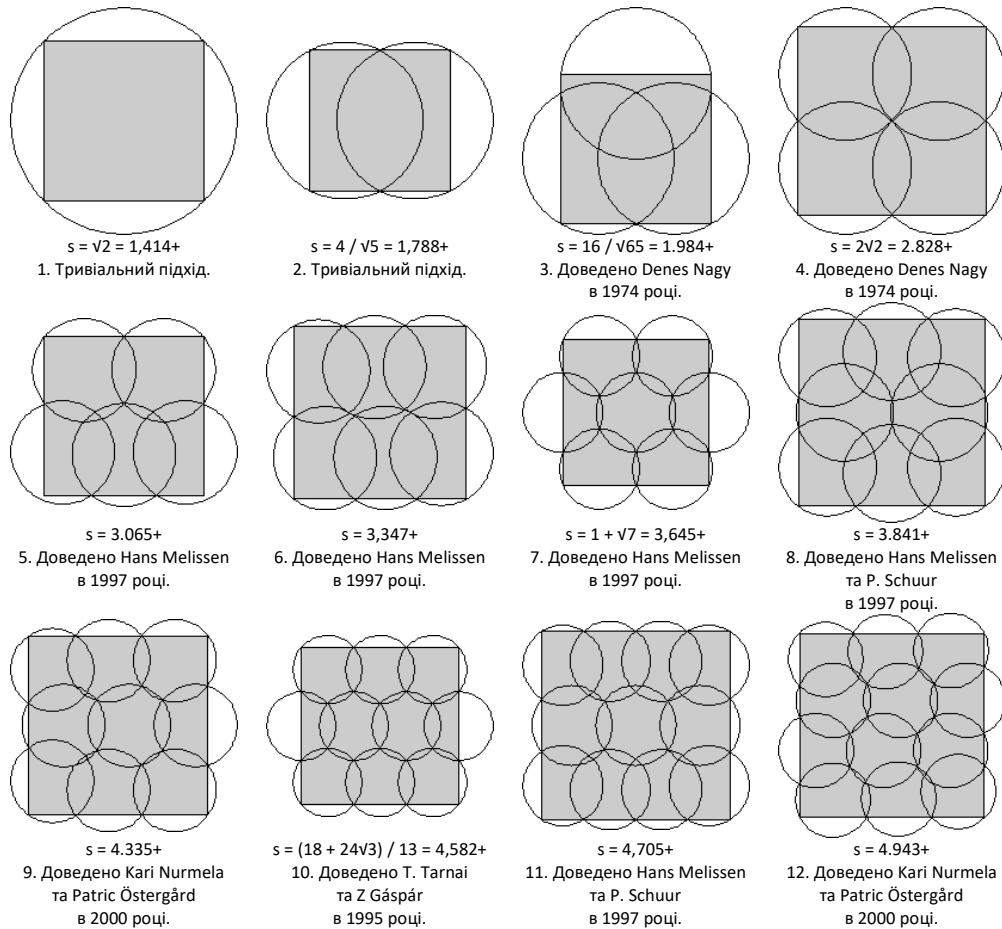


Рисунок 3 – Відомі способи покриття прямокутної ділянки кругами

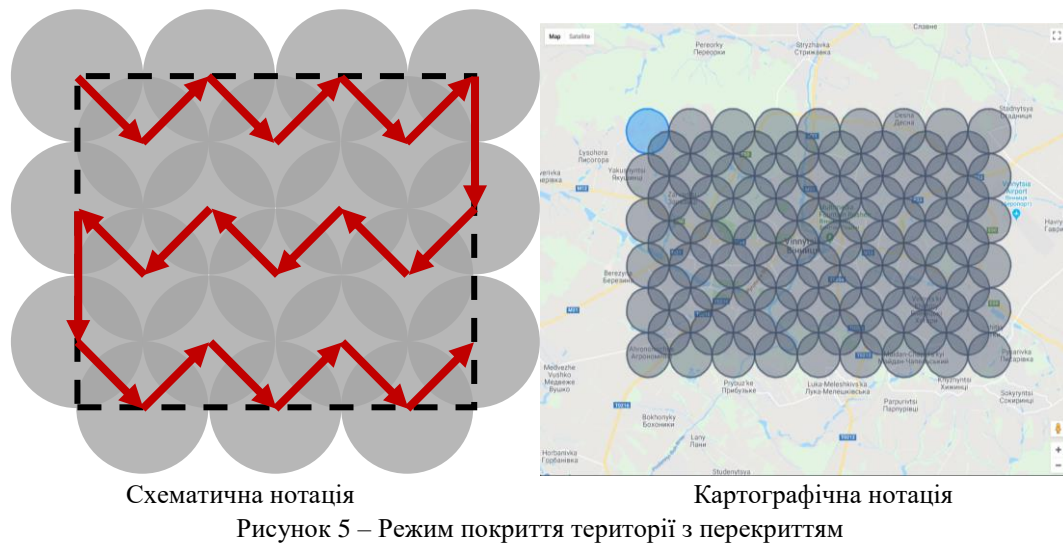
З рисунків 2-3 видно, що задачам оптимального заповнення/покриття прямокутної ділянки кругами протягом значного відрізка часу приділялось багато уваги провідними науковцями, що додатково вказує на актуальність зазначеного дослідження. В результаті аналізу відомих способів заповнення/покриття прямокутної ділянки кругами визначено, що алгоритмічна реалізація відомих способів є досить складною, а деякі варіанти одразу відкидаються, оскільки ми маємо чіткі розміри зон пошуку та прямокутної ділянки. Для базового режиму реалізації методу обрано спосіб, що нагадує рішення 4, 9, 16 з рисунку 2 в залежності від розмірів прямокутної ділянки та заданого розміру області пошуку. Для режиму з перекриттям, пропонується спосіб, що дещо нагадує рішення 9 та 12 з рисунку 3, але в запропонованому режимі методу зміщення координат більш симетричні ніж у згаданих рішеннях.



Схематична нотація

Картографічна нотація

Рисунок 4 – Базовий режим покриття території



З рисунків 4-5 добре видно принципові відмінності між запропонованими режимами. Перехід на наступну позицію в різних режимах роботи алгоритму дещо відрізняється. Так в базовому режимі ми зміщуємось вправо на діаметр зони пошуку відносно поточного центру зони, до поки не досягнемо меж заданої території. Коли межю досягнуто, ми зміщуємось вниз на той самий діаметр та змінюємо напрямок руху.

В режимі з перекриттям ідея подібна, проте зміщуємось ми на значення радіусу, а не діаметру і не тільки вправо але й вниз. На наступному кроці знову вправо, але уже вверх, при цьому аналогічно змінюємо напрямок коли досягнуто меж.

Розглянемо приклад для міста Вінниці. Покрити територію всього міста на карті кругами з радіусом в 1 кілометр, можна за 54 кроки при використанні базового режиму, тоді як режим з перекриттям відпрацює за 94 кроки. При пошуку об'єктів ці цифри лише покажуть скільки раз відбулось зміщення на нову позицію. Скільки запитів буде здійснено по одній і тій самій позиції залежить від типу об'єктів та їхньої кількості. Це обумовлено особливостями роботи Google Places API. За один запит ми можемо отримати лише 20 об'єктів вказаного типу.

Якщо результат першого запиту менше 20 об'єктів, то переходимо на наступну позицію. Якщо ж результат 20, то ймовірно тут може бути більше об'єктів. Тому, використовуючи можливості, що надає Google Places API, передаємо параметр `nextPageToken`, що згенерується після успішного завершення попереднього запиту і без зміщення робимо ще один запит. Таким чином маємо можливість пройтись по тій самій зоні пошуку до 3 разів, вивантаживши відповідно максимально можливу кількість об'єктів, тобто 60.

Якщо результат одержаний по цій зоні пошуку становитиме 60, ймовірно це ще не всі об'єкти, що містяться у цій ділянці. Одним з можливих рішень цієї проблеми є рекурсивне ділення зони пошуку на дрібніші і повторення цієї дії для утворених під-зон, якщо кількість об'єктів в під-зонах становитиме 60. Процес рекурсивного ділення зон пошуку зображено на рисунку 4 в схематичній нотації.

Потрібно мати на увазі, що для використання можливостей Google API необхідно зареєструвати свій API ключ. Наявність ключа, дає можливість ознайомитись з функціональністю, але існує ліміт безкоштовних запитів на добу. Так на момент написання статті для Google Places API кількість безкоштовних запитів становила 1000. Тому для комерційного використання потрібно обрати платний тариф для Google API. Також є обмеження на кількість запитів в секунду, тому щоб функціональність методу працювала як очікується, між запитами робиться затримка в 2 секунди.

### Висновки

Авторами запропоновано метод координатного покриття картографічних регіонів на основі пілкоподібної двонаправленої розгортки, що може використовуватись для пошуку об'єктів на місцевості з використанням Google Places API, а також в сейсморозвідці для визначення координат розміщення сейсмографів.

Метод передбачає два режими роботи: базовий та режим з перекриттям. В базовому режимі, зони пошуку йдуть поряд, одна біля одної, без перекриття, тому режим вимагає значно менше переміщень зони пошуку, працює швидше, та дозволяє отримати досить точні результати. Режим з перекриттям, на відміну від базового, надлишковий, адже зони пошуку частково перекривають одна одну і це призводить до великої кількості дублікатів у результатах, які доводиться фільтрувати.

Запропонований метод координатного покриття картографічних регіонів на основі пилоподібної двонаправленої розгортки має ряд особливостей та переваг:

- Універсальність (однаково ефективно працює при різних розмірах зон пошуку та прямокутних ділянок, що обмежують переміщення зони пошуку);
- Декілька режимів реалізації методу (базовий та з перекриттям);
- Простота реалізації (зміщення зон пошуку відбувається в ту чи іншу сторону просто по радіусу чи діаметру зон пошуку, в залежності від обраного режиму);
- Симетричність (Зміщення координат більш симетричні ніж у існуючих способах покриття прямокутника кругами);
- Можливість застосування для вирішення декількох задач (для пошуку об'єктів на місцевості та в сейсморозвідці для визначення координат розміщення сейсмографів).

#### Література

- [1] Developer's Guide. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://developers.google.com/api-client-library/java/google-api-java-client/dev-guide>. Дата звернення: Груд. 12, 2018.
- [2] Erich's Packing Center. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www2.stetson.edu/~efriedma/packing.html>. Дата звернення: Груд. 12, 2018.
- [3] Л. В. Крупельницький, "Характеристики і структури багатоканальних АЦ-систем, що самокорегуються, для аналізу аудіо сигналів", на П'ятій Міжнародній наук.-практ. конф. Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації, Вінниця: ВНТУ, 2016, с. 129-133.
- [4] О. І. Черняк, "Потокові методи і засоби повнофункціональної побітової арифметики зі зменшеними витратами обладнання": автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук, спец. 05.13.05 "Комп'ютерні системи та компоненти", ВНТУ, Вінниця, 2013.
- [5] О. Д. Азаров, О. І. Черняк, В. В. Залізецький, "Метод координатного покриття картографічних регіонів", на VIII Міжнародній конференції з оптико-електронних інформаційних технологій, Вінниця: ВНТУ, 2018, с. 20.
- Стаття надійшла: 26.11.18.

#### Відомості про авторів

**Азаров Олексій Дмитрович**, д. т. н., професор, декан факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Вінницького національного технічного університету, заслужений працівник освіти України.

**Черняк Олександр Іванович**, к. т. н., доцент кафедри обчислювальної техніки Вінницького національного технічного університету.

**Залізецький Василь Володимирович**, аспірант кафедри обчислювальної техніки Вінницького національного технічного університету.

А. Д. Азаров, А. И. Черняк, В. В. Зализецкий

## МЕТОД КООРДИНАТНОГО ПОКРИТТЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ НА ОСНОВЕ ПИЛООБРАЗНОЙ ДВУХНАПРАВЛЕННОЙ РАЗВЕРТКИ

Винницкий национальный технический университет, г. Винница

O. D. Azarov, O. I. Cherniak, V. V. Zalizetskyi

## METHOD OF CARTOGRAPHIC REGIONS COORDINATION COVER-AGE ON THE BASIS OF A SAWTOOTH BIDIRECTIONAL SCAN

Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia