

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ**

**ГАПЧУК АНДРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 004.925.5

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПОШУКУ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ**  
**ІНЖЕНЕРНИХ КОМУНІКАЦІЙ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ**  
**ТЕПЛОВИХ КАРТ**

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Автореферат  
магістерської роботи  
на здобуття кваліфікації магістра з комп'ютерної інженерії

Миколаїв – 2019

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент  
**Журавська Ірина Миколаївна,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
доцент кафедри комп'ютерної інженерії

**Рецензент:** канд. фіз.-мат. наук  
**Кулаковська Інесса Василівна,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
доцент кафедри інтелектуальних  
інформаційних систем

**Консультант:** д-р біол. наук, професор  
**Томілін Юрій Андрійович,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
професор кафедри екології Медичного  
інституту

Захист відбудеться «26» лютого 2019 р. о 10<sup>00</sup> на засіданні  
Державної екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-406

З магістерською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили  
за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений «25» лютого 2019 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Задача побудови теплових карт набуває своєї актуальності разом з поширенням мобільних пристроїв, які, з одного боку, не мають високої обчислювальної здатності, а з іншого – є платформою для впровадження нових методів людино-машинної взаємодії.

Завдання пошуку теплових втрат інженерних комунікацій на основі їх теплового портрету має наукове, технологічне та соціальне значення. Створення теплових карт міських районів надає можливість вживати своєчасні заходи щодо запобігання втрат тепла в опалювальні сезони, ліквідації поривів теплотрас, захист водойм від несанкціонованих викидів виробничих відходів й т. п.

За останні роки, було запропоновано безліч різних алгоритмів обробки та локалізації. Всі подібні системи діляться на дві широкі категорії: використовують (2D) двовимірні зображення і (3D) тривимірні зображення. При використанні баз даних 2D-карт (Phillips), на якість розташування температур на карті впливають розташування об'єктів на зображенні, пора року та час доби, в той час як 3D-зображення покликані зняти ці обмеження. Однак, для отримання 3D-зображень необхідні професійні пристрої.

**Мета та завдання дослідження.** Метою дослідження є автоматизація процесу теплових вимірювань та нанесення температурних даних на комп'ютерну карту місцевості.

Для досягнення даної мети в магістерській роботі поставлені та вирішені наступні завдання:

**Завдання:**

– аналіз існуючих алгоритмів і методів, що реалізують побудову теплових карт на основі зібраних даних;

– аналіз існуючої бази пристроїв для дослідження та аналізу поточної температури об'єктів;

– розробка аналітичної моделі формування теплової карти та розрахунку її статистичних показників;

– розробка програмного застосунку для пошуку теплових втрат інженерних комунікацій на основі дослідження теплових карт місцевості.

**Об’єкт:** процес обробки даних для виявлення теплових втрат за допомогою поєднання карт місцевості та теплових вимірювань.

**Предмет:** система створення теплових карт за даними пірометричного безконтактного вимірювання.

**Використані методи:** методи теорії кольору для розробки аналітичної моделі формування теплових карт, методи апаратних безконтактних вимірювань температури, методи бездротової передачі інформації, метод фільтрації зображення за допомогою функції Гауса.

Магістерська робота виконувалась у відповідності до завдань науково-дослідної роботи Чорноморського національного університету (ЧНУ) ім. Петра Могили «Розроблення бездротових енергонезалежних інформаційно-вимірювальних мереж критичного застосування військово-цивільного призначення» (№ держ. реєстрації 0117U000447, 2017–2018 рр., наук. керівник Мусієнко М. П.).

**Практичне значення одержаних результатів:** результати роботи використані у поточній діяльності підприємства «Добробут» при підготовці теплотрас до опалювального сезону 2018/2019 рр., що підтверджено відповідним Актом впровадження.

**Апробація результатів** магістерської роботи відбулася під час:

- X Міжнародної науково-практичної конференції «Free and Open Source Software FOSS–2018» (м. Харків, Харків. наці. ун-т будівництва та архітектури);
- тренінгу «Інформаційні системи і технології у забезпеченні сталого розвитку сучасного світу» в межах Міжнародної науково-практичної конференції «Ольвійський форум–2017» (м. Миколаїв, ЧНУ ім. Петра Могили).

**Публікації.** Основні положення та результати магістерської роботи опубліковані в 2 друкованих працях, з них: 1 стаття [1] та 1 публікація у збірнику матеріалів міжнародної науково-практичної конференції [2].

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 23 найменувань, 3 додатків на \_\_\_ сторінках, спеціальної частини з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Основна частина роботи становить \_\_\_ сторінок, серед яких \_\_\_ рис. та \_\_\_\_ табл.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано обґрунтування актуальності теми магістерської роботи, зазначено її зв'язок із науковою програмою, планами і темами, сформульовано мету та завдання дослідження, вказано практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації автора. Задача побудови теплових карт набуває своєї актуальності разом з поширенням мобільних пристроїв, які, з одного боку, не мають високої обчислювальної здатності, а з іншого – є платформою для впровадження нових інформаційно-вимірювальних систем.

У **першому розділі** магістерської роботи «**Системи пошуку теплових втрат та засоби їх візуалізації**» проведено огляд методів пошуку витоків на теплотрасах, розглянуто основні методи виявлення поривів теплотрас, які використовуються в наш час підприємствами ЖКГ.

Розглянуто основні класи задач, що вирішуються у межах цієї предметної сфери. У залежності від області застосування системи висуваються різні вимоги до точності і надійності (іноді за рахунок жертвування одним з цих показників заради покращення іншого). Розглянуто існуючі апаратні засоби для реалізації поставлених задач (тепловізори testo 875-1i, testo 882, testo 876 та пірометр testo 805i) та обґрунтовано причини вибору пірометра testo 805i. Наведені приклади існуючих програмних продуктів для побудови теплових карт (NeoVision,

Hypersystems Gnuplot, Microsoft Excel, HeatmapTool). Визначено, що всі продукти являються комерційними розробками і недоступні ні у вигляді програмного коду, ні у вигляді формального опису алгоритмів. Сформульовано задачі досліджень дипломної роботи.

У другому розділі магістерської роботи «Методи побудови теплових карт на основі зібраних температурних даних» проведено аналіз методів реалізації побудови теплових карт на основі зібраних температурних даних. Обрана колірна модель для кодування кольорів теплових зображень інженерних комунікацій. Розроблено аналітичну модель формування теплової карти та розрахунку її статистичних показників. Блок-схема роботи автоматизованої системи пошуку теплових втрат інженерних комунікацій на основі дослідження теплових карт наведена на рис. 1.

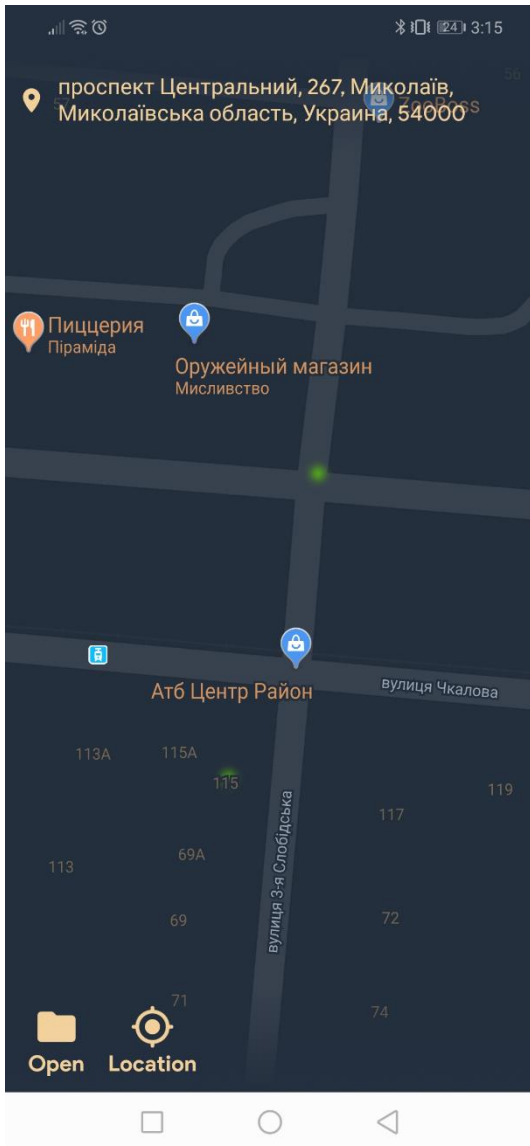
Описано сервіс Google Maps та утиліта Google Heatmap, які необхідні для побудови теплових карт.

У третьому розділі магістерської роботи «Апаратні тепловимірювання та розробка програмного застосунку побудовання теплової карти теплотраси» описано процес проведення температурних замірів для виявлення пориву теплотрас.

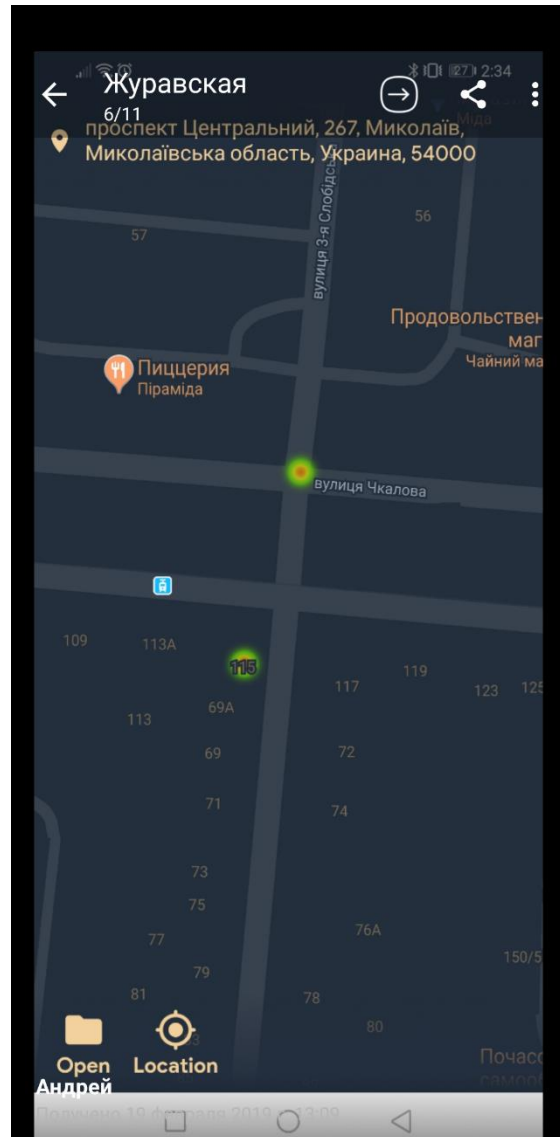


Рисунок 1 – Блок-схема роботи автоматизованої системи

Обґрунтовано вибір середовища та мови програмування для розробки програмного застосунку; обрано Android Studio 3.3.1, програмний продукт створений для платформи Android з версією JDK 11.0 (рис. 2).



а)



б)

Рисунок 2 – Інтерфейс програмного застосунку автоматизованої системи:  
а – без виявлених поривів теплотраси; б – з виявленим поривом теплотраси

Розроблено програмне забезпечення (ПЗ) побудування теплової карти теплотраси.

Додатки містять лістинг коду ПЗ побудування теплових карт інженерних комунікацій, матеріали апробації магістерської роботи, акт впровадження у поточну діяльність ТОВ «Добробут».

У спеціальній частині «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проведено аналіз факторів виробничого середовища у приміщенні на підприємстві ФОП «ГАПЧУК А. О.», а також визначений вплив цих факторів на здоров'я та працездатність працівників. Слід зазначити, що було встановлено відповідність всіх розглянутих показників чинним санітарним нормам та виявлено, що умови праці в ФОП «ГАПЧУК А. О.» є оптимальними.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи:

1. На основі проведеного аналітичного огляду методів пошуку витоків на теплотрасах, технічних характеристик тепловізорного та пірометричного обладнання для отримання температурних даних з інженерних комунікацій та існуючого ПЗ для побудови теплових карт, встановлено необхідність розробки нових аналітичних моделей та ПЗ для пошуку та відображення витоків на теплотрасах засобами теплових карт.

2. На основі сучасних методів побудови теплових карт за допомогою зібраних температурних даних розроблено аналітичну модель формування теплової карти та розрахунку її статистичних показників. Теоретично обґрунтовано перетворення температурних показників безконтактного цифрового пірометра з інженерних комунікацій на зображення колірної моделі RGB з використанням параметрів колірної моделі HSV.

3. Розроблено ПЗ для побудови теплових карт на основі зібраних теплових даних. Розробка ПЗ здійснена в Android Studio 3.3.1, програмний продукт створювався для платформи Android з версією JDK 11.0.

4. Проведено експериментальні дослідження для потреб ЖКГ, виконано пошук теплових втрат інженерних комунікацій на основі дослідження теплових карт. При підготовці до опалювального сезону 2018–2019 рр. виявлено пориви теплотрас на реальних об'єктах. Це дозволило підвищити ефективність роботи ТОВ «Добробут», що засвідчено у відповідному Акті впровадження,



5. У спеціальній частині з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів, які супроводжують роботу працівника ІТ-сфери. Виконано аналіз освітлення та мікрокліматичних умов на робочому місці, управління цивільним захистом на підприємстві у разі виникнення пожежі.

Результати магістерської роботи впроваджено у поточну діяльність підприємства «Добробут» при підготовці теплотрас до опалювального сезону 2018/2019 рр.

Робота пройшла апробацію на двох міжнародних науково-технічних конференціях, за результатами надруковано дві публікації.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Гапчук А. О. Автоматизована система ідентифікації тимчасових об'єктів за допомогою мобільних пристроїв на основі теплових карт. *Студентські наукові студії* : молодіжн. наук. журн. / Чорномор. нац. ун-т ім. Петра Могили. 2017. Вип. 25(69). С. 56–59.

2. Білий О. Р., Гапчук А. О., Журавська І. М. Побудування теплових карт для виявлення теплових втрат житлових та промислових споруд. *Free and Open Source Software (FOSS-2018)* : тези доп. X Міжнар. наук.-практ. конф. / Харків. нац. ун-т будівництва та архітектури, Харків, 20–22 листопада 2018 р. Харків : Вид во ХНУБА, 2018. С. 59.

## АНОТАЦІЯ

**Гапчук А. О. Автоматизована система пошуку теплових втрат інженерних комунікацій на основі дослідження теплових карт.**

В технологічному плані одним з найважливіших напрямків є аналіз функціонування об'єктів, які випромінюють теплову енергію в оточуюче середовище. Наприклад, теплові траси житлово-комунального господарства є тимчасовим об'єктом, який, по-перше, не має теплового портрету поза опалювальним сезоном, а по-друге, не повинні перевищувати допустимий

рівень теплового випромінювання в період роботи. Таким чином, завдяки отриманню теплового портрету (теплової карти) можна оцінити та надати рекомендації щодо зменшення втрат тепла на теплотрасі через порушення ізоляції, пориви теплотрас та ін. аварійні ситуації.

В процесі роботи над дипломним дослідженням проведено аналітичний огляд методів побудови теплових карт за допомогою зібраних температурних даних.

Розроблено програмне забезпечення (ПЗ) для побудови теплових карт на основі зібраних теплових. Розробка ПЗ здійснена в Android Studio 3.3.1, програмний продукт створювався для платформи Android з версією JDK 11.0.

У спеціальній частині з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів, які супроводжують роботу працівника ІТ-сфери. Виконано аналіз освітлення та мікрокліматичних умов на робочому місці, управління цивільним захистом на підприємстві у разі виникнення пожежі.

Дипломна робота містить \_\_ стор. (без додатків), \_\_ рис., \_\_ табл., 26 джерел посилання та 3 додатки.

**Ключові слова:** теплові втрати, теплотраси, пірометр, Bluetooth, колірна модель, тепла карта, Android Studio 3.3.1, JDK 11.0.

## ABSTRACT

**Нарчук Андрій "Automated system for thermal losses reconnaissance in engineering communications based on heatmap research"**

In the technological plan, one of the most important directions is the analysis of the functioning of objects that emit thermal energy in the environment. For example, heating mains of housing and communal services are a temporary object, which, firstly, does not have a thermal portrait outside of the heating season, and secondly, they must not exceed the permissible level of thermal radiation during the period of

work. Thus, due to the receipt of a thermal portrait (thermal map), it is possible to evaluate and give recommendations on reducing heat losses on the heating main because of the violation of isolation, impacts of heating pipelines, etc.

In the course of work on graduation research an analytical review of thermal vision and pyrometric equipment for obtaining temperature data from engineering communications and review of methods of constructing thermal maps with the help of collected temperature data were conducted.

It was developed software for the construction of heatmaps based on the collected thermal. To develop the software, the integrated Android Studio environment was used, and the software was created under the Android platform. As a programming language, Java was the language.

In a special part on occupational safety and protection in emergency situations the system of measures and means for preventing the impact on the person of the adverse factors that accompany the work of the IT employee was analyzed. Analysis of lighting and microclimatic conditions in the workplace, management of civil protection in the company in the event of a fire was executed.

Thesis contains \_\_\_ pages (without appendices), \_\_\_ figures, \_\_\_ tables, 26 references and 3 appendices.

**Keywords:** heat loss, heating mains, pyrometer, Bluetooth, color model, heatmap, Android Studio 3.3.1, JDK 11.0.