

**I. Г. Цмоць, Ю. В. Опотяк, В. І. Роман**

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

ЗАСОБИ ЗБИРАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЕКОНОМІКИ РЕГІОНУ

Показано, що підвищення енергоефективності економіки регіону забезпечується шляхом використання інформаційно-аналітичних засобів підтримки управління енергоефективністю, які ґрунтуються на інтелектуальних інформаційних, Web та телекомунікаційних технологіях. На підставі принципів модульності, відкритості, сумісності та використання комплексу базових проектних рішень розроблено архітектуру інформаційно-аналітичної системи управління енергоефективністю (ІАСУЕ) економіки регіону, яка забезпечує збирання, опрацювання та візуалізацію енергетичних даних, моделювання, прогнозування процесів управління енергоефективністю та підтримку прийняття управлінських рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності економіки регіону. Забезпечено створення єдиного інформаційного простору з достовірною, повною та оперативною інформацією, яка використовується для генерації ефективних управлінських рішень. Розроблено з використанням концепції мережі Інтернет речей засоби збирання даних, основою яких є просторово розподілені малогабаритні інтелектуальні сенсори, які зв'язані зі сховищем даних у хмарному сервері. Показано, що розроблення компонентів геоінформаційної системи для ІАСУЕ економіки регіону доцільно здійснювати з використанням хмарного сервісу документів Google Cloud та спеціалізованого Google Maps API, що забезпечить оперативне створення необхідних компонентів, їх модифікацію та нарощування інформаційних можливостей. Обґрунтовано, що додаткове залучення засобів програмування, зокрема мови JavaScript з використанням Google Maps API, забезпечує можливість розробки геоінформаційної системи для ІАСУЕ економіки регіону з урахуванням додаткових специфічних вимог користувача системи у майбутньому. Запропоновано засоби підтримки прийняття управлінських рішень ІАСУЕ економіки регіону орієнтувати на використання баз і сховищ даних, спеціалізованих загальнодоступних засобів створення ГІС для візуалізації та аналізу даних про енергоспоживання та енергоефективність, що забезпечить обґрунтованість і оперативність генерації управлінських рішень. Показано, що візуалізація енергетичних даних і результатів оброблення у максимально сприйнятливому для людини вигляді з точною прив'язкою до місць розташування об'єктів управління забезпечує ефективну підтримку прийняття управлінських рішень.

Ключові слова: збирання; опрацювання та візуалізація даних енергоефективності; підтримка прийняття управлінських рішень; концепція мережі Інтернет речей; засоби геоінформаційної системи.

Вступ

Паливно-енергетичний комплекс є одним з основних фундаментів соціально-економічного розвитку України та її регіонів. Зростання ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів підвищує рівень соціально-економічного розвитку країни та регіону [1], [24]. Підвищення енергоефективності економіки регіону забезпечується шляхом використання інформаційно-аналітичних засобів підтримки управління енергоефективністю, які ґрунтуються на інтелектуальних інформаційних, Web та телекомунікаційних технологіях [13], [22]. З використанням зазначених технологій пропонують створити інформаційно-аналітичну систему управління енергоефективністю (ІАСУЕ) економіки регіону, яка повинна забезпечувати збирання, опрацювання та візуалізацію енергетичних даних, моделювання, прогнозування процесів управління енергоефективністю і, як результат, підтримку управлінських рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності економіки регіону [4], [19], [23]. Під час управління енергоефективністю економіки області потрібно використовувати інтеграцію інформаційних ресурсів підприємств транспорту, промисловості та житлово-комунального господарства регіону [2], [5], [10]. Основними завданнями, які вирішуються ІАСУЕ регіону, є:

- збирання та зберігання енергетичних даних підприємств транспорту, промисловості та житлово-комунального господарства регіону в режимі реального часу;
- опрацювання та візуалізація енергетичних даних;
- інформаційна взаємодія з підприємствами регіону;
- швидкий доступ до енергетичних даних підприємств регіону;
- аналіз динаміки та структури енергоспоживання підприємств і регіону;
- аналіз динаміки зміни енергоефективності підприємств і регіону;
- моделювання та прогнозування енергоефективності підприємств і економіки регіону;
- оперативний контроль енергоспоживання;
- оперативне виявлення втрат енергоносіїв;
- підтримка прийняття управлінських рішень з підвищення енергоефективності.

Важливим інструментом значного підвищення енергоефективності економіки будь-якого регіону є використання системи ІАСУЕ, яка орієнтована на його розвиток [11], [15], [21]. Підвищення енергоефективності економіки регіону є комплексною проблемою, вирішення якої передбачає збалансоване й ощадливе споживання енергетичних ресурсів, а також формування та реалізацію управлінських рішень [18], [25].

З огляду на це особливої актуальності набуває проблема підвищення енергоефективності економіки регіону шляхом розроблення та використання засобів інформаційно-аналітичної підтримки управління енергоефективністю регіону [16], [21].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За останні роки здійснено багато досліджень та публікацій, які стосуються питань щодо розроблення та використання засобів інформаційно-аналітичної підтримки управління енергоефективністю регіону. Розглянемо найважливіші з цих публікацій.

У роботах [17], [6], [20], [18] проаналізовано принципи побудови та архітектуру ІАСУЕ, основними з яких є модульність побудови, змінний склад обладнання, відкритість і сумісність. Недоліком існуючих інформаційно-аналітичних систем є неповнота автоматизації процесів управління, які передбачають збирання та опрацювання даних.

У роботах [17], [18], [25] проаналізовано засоби збирання енергетичних даних у ІАСУЕ регіону. Показано, що основними вимогами, які висувають до засобів збирання, є наближення їх до дачив, виконавчих механізмів і лічильників обліку енергоспоживання, а також забезпечення техніко-економічних обмежень. Недоліком таких засобів є відсутність спілкуватися один з одним з використанням бездротових засобів зв'язку, що не забезпечує їх взаємодії.

Різноманітні задачі візуалізації докладно розглянуто в публікаціях [8], [12], [10], [17], [20], [25]. З аналізу цих публікацій випливає, що здебільшого зібрані енергетичні дані подаються у вигляді таблиць, які використовуються для подальшого опрацювання. Недоліком таких засобів візуалізації є те, що вони не відтворюють у максимально сприйнятливому для людини вигляді зібрані дані та результати їх опрацювання, які доцільно подавати у вигляді графіків, діаграм, картографічних даних з точною прив'язкою до місць розташування об'єктів управління [3], [24].

З проведеного аналізу випливає, що для підтримки прийняття ефективних управлінських рішень, необхідно розробити систему, яка забезпечувала б збирання, опрацювання та візуалізацію енергетичних даних і результатів їх оброблення у максимально прийнятному вигляді для людини [5], [9].

Мета роботи – розроблення засобів збирання та візуалізації енергетичних даних для системи управління енергоефективністю регіону. Для досягнення мети необхідно вирішити такі *основні завдання*:

- розробити архітектуру інформаційно-аналітичної системи управління енергоефективністю економіки регіону;
- проаналізувати та вибрати засоби для візуалізації енергетичних даних;
- розробити засоби візуалізації просторових енергетичних даних.

Викладення основного матеріалу

1. Архітектура інформаційно-аналітичної системи управління енергоефективністю економіки регіону. Розроблення ІАСУЕ регіону пропонують здійснювати на підставі компонентно-орієнтованої технології та інтегрованого підходу, який охоплює методи та засоби аналітичного оброблення даних, моделювання, прогнозування та прийняття рішень. Основними завданнями

ІАСУЕ регіону є збирання, аналітичне та інтелектуальне опрацювання енергетичних даних, візуалізація результатів опрацювання та підтримка прийняття управлінських рішень. Розроблення ІАСУЕ регіону базується на інтегрованих засобах збирання даних, на сховищах і базах даних, телекомунікаційних і Web-технологіях. Така система повинна забезпечувати збирання, архівацію та попередню оцінку даних; інтеграцію різноманітних даних за допомогою баз і сховищ даних, доступ до яких здійснюється засобами Web-технологій; оперативну та інтелектуальне оброблення даних, моделювання та прогнозування енергоефективності економіки регіону; візуалізацію енергетичних даних і результатів оброблення у вигляді графіків і діаграм. Розроблення системи ІАСУЕ регіону потрібно здійснювати за такими принципами:

- модульності, який передбачає розробку компонент у вигляді функціонально завершених модулів, що мають вихід на стандартний інтерфейс;
- відкритості та сумісності;
- використання комплексу базових проектних рішень.

Архітектуру ІАСУЕ регіону наведено на рис. 1, де TCP/IP – стек протоколу обміну, ETL (англ. *Extract, Transform and Load*) – виймання, перетворення та завантаження, OLAP (англ. *Online Analytical Processing*) – інтерактивна аналітична обробка, ІАД – інтелектуальний аналіз даних.

Основними компонентами ІАСУЕ регіону є інформаційна та аналітична підсистеми. Інформаційна підсистема забезпечує збирання енергетичних даних, які споживаються транспортом, промисловістю і житлово-комунальним господарством регіону. Технічною основою інформаційної підсистеми ІАСУЕ регіону є безпровідні сенсорні мережі, які забезпечують збирання енергетичних даних. Загалом бездротова сенсорна мережа – це розподілена система, яка складається з малогабаритних інтелектуальних сенсорних пристроїв, які зв'язані зі сховищем даних у хмарному сервері. Основними компонентами сенсорних мереж є просторово розподілені сенсори, засоби читання показників лічильників, обчислювані та передавальні блоки. Усі інтелектуальні сенсори взаємодіють через глобальну або локальну інфраструктуру інформаційного обміну з доступом до сховища даних у хмарному сервісі. Окрім цього, збирання інформації про споживання енергоносіїв здійснюється користувачами шляхом внесення даних із статистичних збірників і сайтів (державних служб статистики України та Євростату, обліку енергоресурсів) у бази даних.

Інформація про споживання енергоносіїв транспортом, промисловістю та житлово-комунальним господарством зберігається у сховищі даних у хмарному сервісі, який має відкриті інтерфейси для доступу та публікації інтегрованих даних. Доступ до цих даних може здійснювати будь-який користувач мережі Інтернет за допомогою публічних, документованих інтерфейсів доступу, які надає хмарний сервіс. За накопичення даних у хмарному сервісі безпосередньо відповідають підприємства та установи. Енергетичні дані з підприємств записуються у сховище даних у хмарному сервісі за допомогою інтерфейсів, які базуються на HTTP (англ. *Hyper Text Transfer Protocol*) протоколі передачі гіпертекстових документів. Для роботи зі сховищем даних у хмарному сервісі доцільно використовувати ін-

терфейс із HTTP REST протоколом, який є простим і уніфікованим інтерфейсом для роботи у мережі. Цей інтерфейс забезпечує користувачам можливість як напряму публікувати чи читати дані зі сервісу, так і робити

запити на керуючі дії. Прикладом таких дій може бути запит на встановлення сервісом потокового читання даних на підставі TCP сокетів. Сервіс може надавати файлові інтерфейси для публікації файлів з даними.

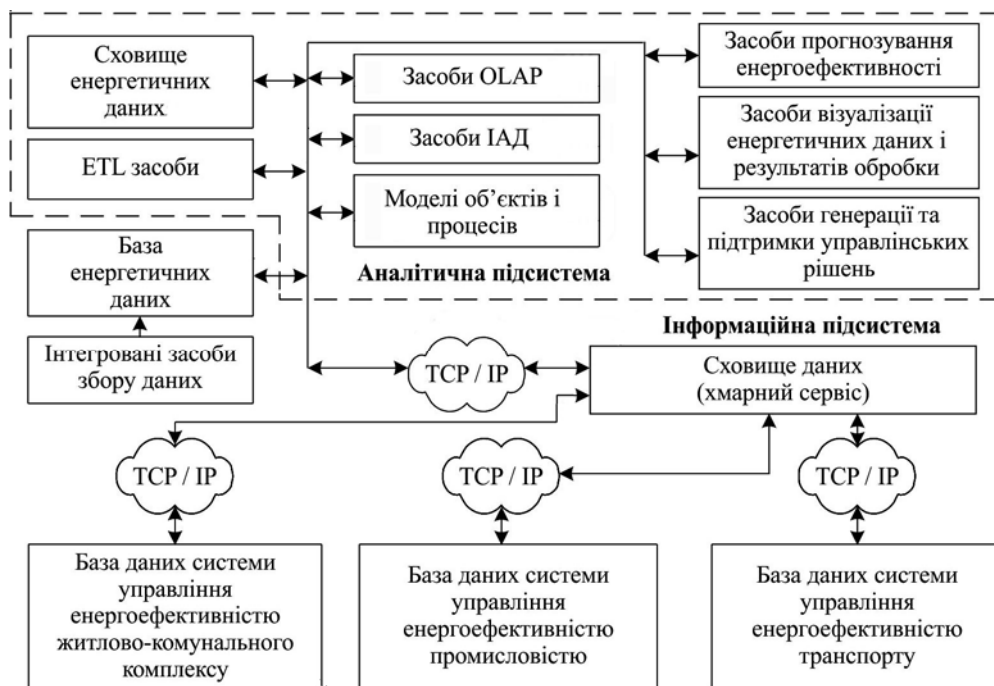


Рис. 1. Архітектура ІАСУЕ регіону

Аналітична підсистема складається із сховища енергетичних даних, моделей об'єктів і процесів, засобів ETL, OLAP, ІАД, прогнозування, візуалізації, генерації та підтримки прийняття управлінських рішень. Сховище енергетичних даних будується на підставі Big Data технологій, які забезпечують можливість ефективно зберігати, опрацьовувати та надавати доступ до великих обсягів даних у розподіленому режимі. Окрім цього, ці технології забезпечують ефективне опрацювання неструктурованих даних. Для реалізації і надання доступу до OLAP технології у сховищі використовують OLAP сервери. Користувачі можуть отримати доступ до цих засобів як напряму через інтерфейси, так і через програмні додатки (десктопні, веб чи мобільні). Пошук функціональних і логічних закономірностей, знаходження прихованих правил і закономірностей, побудова моделей і правил, які характеризують стан або прогнозують розвиток енергетичних процесів, здійснюється засобами ІАД.

Засоби підтримки прийняття рішень здійснюють оцінювання показників енергоефективності економіки регіону, вибирають шляхи зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів, забезпечують генерацію та підтримку прийняття управлінських рішень. Результати аналізу та оцінювання прийнятих управлінських рішень, візуалізація різноманітної оперативної інформації використовуються для генерації подальших управлінських рішень. Прийняття управлінських рішень з підвищення енергоефективності економіки регіону зводиться до пошуку найкращого рішення з множини допустимих. Розв'язання такої задачі ґрунтується на даних про енергоспоживання транспортом, промисловістю і житлово-комунальним господарством регіону, на результатах прогнозування енергоефективності та на стратегії розвитку економіки регіону.

2. Вибір засобів для візуалізації енергетичних даних. Візуалізація даних у широкому сенсі – графічне подання будь-яких даних, що відображаються у вигляді графіків, діаграм, інфографіки, схем, дашбордів, карт і картограм. Графіки і діаграми – найзвичніший засіб візуалізації даних, які використовують як для презентації, так і для аналізу. Існують десятки відомих типів діаграм, а їхня кількість збільшується – пропонуються нові типи для візуалізації складних і незвичайних даних. Інфографіка візуалізує ті чи інші параметри, взаємодію елементів тощо. Презентація та аналіз даних – один із звичних способів використання візуалізації даних у вигляді діаграм або інфографіки. Під час аналізу даних за допомогою візуалізації використовують методику візуального подання даних з метою знаходження прихованих взаємозв'язків і залежностей, а також первинної оцінки наборів даних з метою застосування надалі складніших інструментів аналізу. Такий підхід називається EDA (англ. *Exploratory Data Analysis* – розвідувальний аналіз даних), тобто EDA є одним із інструментів Data Mining. Основною відмінністю EDA від презентації даних є те, що візуалізація виконується за допомогою різноманітних програмних засобів. Бізнес-аналітика і дашборди сьогодні активно використовують, коли необхідно стежити за певними показниками на постійній основі.

Дашборд забезпечує візуальне подання даних, які згруповані за тематикою для полегшення сприйняття інформації. Розвиток концепції дашбордів пов'язаний із застосуванням аналітики в бізнесі. Карти і картограми – один із найдавніших способів візуалізації для відображення навколишньої реальності. Картограма – це карта з нанесеною на неї інформацією у вигляді маркування кольорами або іншим способом. Картограми можна використати для відображення рівня споживання енергоспоживання у визначеному місці регіону. Для створення кар-

тографічних документів можливе використання геоінформаційних систем (ГІС), реалізованих у вигляді програмних додатків для роботи з наборами просторової інформації на комп'ютері. ГІС, як інформаційна система, призначена для збирання, аналізу та візуалізації просторових даних. Просторова інформація, класифікована певним чином, структурується і зберігається у спеціалізованих базах даних. ГІС обробляє не тільки дискретні дані, але й інформацію про безперервні явища, подану растрами, матрицями, іншими моделями даних. Сучасні ГІС мають здебільшого модульний склад, коли певна частина операцій включається до базового складу системи, а інші додаються за потреби. Просторова складова становить сьогодні значну частину всіх даних, з якими взаємодіють організації та установи. Сучасні ГІС вийшли за межі поняття системи, що обробляє власне просторові дані, адже вони дають змогу працювати не тільки з картографічним матеріалом та атрибутами об'єктів на них, але і з різноманітними типами документів (текстових, графічних, мультимедійних), пов'язаних із певними об'єктами, забезпечувати виконання складних запитів до баз даних та перетворювати їхні результати у картограми чи діаграми, прив'язані до певних територій тощо. Серед них не тільки оброблення матеріалів польових вимірювань та спостережень, але й оформлення їх у вигляді карт та схем, зберігання картографічних даних різних типів та відображення окремих картографічних даних та різних комбінацій даних. При цьому забезпечується пошук даних за їх атрибутами, розташуванням відносно заданого об'єкта чи групи об'єктів, аналіз знаходження об'єктів, топологічних відношень, наявності та щільності розподілу об'єктів, аналіз атрибутів об'єктів карт, класифікація даних. Сучасні мережеві ГІС забезпечують аналіз та відображення змін даних у часі, побудову графових структур, мережевий аналіз, розв'язання транспортних задач, вирішення задач проектування об'єктів та територій.

У системах управління енергоефективністю економіки регіону ГІС використовуються для керування шарами даних із датчиків первинної інформації, інформації про промислові об'єкти та установи, показники енергоспоживання та відповідної енергоефективності тощо. На відміну, спеціалізовані ГІС вирішують завдання лише певного напрямку та мають спеціалізований набір інструментів, що краще задовольняє потреби користувачів, яким потрібно виконати певне обмежене коло завдань. Такі ГІС створюються на платформі універсальних ГІС або як самостійні системи та потребують наявності спеціалізованого програмного забезпечення, однак зазвичай вони недоступні у вигляді мережевих веб-додатків.

Геодані поділяють на два основних типи: растрові та векторні. Растрові геодані – растрові зображення з геоприв'язкою, наприклад супутникові знімки. Окрім супутникових знімків, растр використовують для цифрових моделей рельєфу, де кожен піксель зображення містить інформацію про висоту н.р.м. у цій точці місцевості. Векторні геодані описуються набором або послідовністю координат, геометрією і атрибутивними значеннями: точки – для визначення точкового об'єкта досить пари координат, приклад точкових об'єктів на карті – POI (англ. *Points of Interest*); лінії – геометрія лінії задається послідовністю пар координат; полігони – зада-

ються координати вершин. Окрім типу геометрії і розташування, не менш важлива атрибутивна інформація. У векторних даних кожен об'єкт може містити додаткову атрибутивну інформацію. Використовуючи ці атрибути, можна робити вибірки об'єктів і застосовувати до них різні правила оброблення. У більшості ГІС-інструментів є можливість переглядати дані у вигляді таблиць, однак для векторних геоданих розроблено велику кількість різноманітних форматів. Так, наприклад, *Shapefiles* – формат, що використовувався для ГІС-пакетів компанії *Esrri*, але виявився зручним у використанні і став стандартом для інших геоінформаційних додатків. *KML* (англ. *Keyhole Markup Language*) – мова розмітки геоданих на підставі *XML*. Додаток *Google Earth* є найдоступнішим інструментом роботи з геоданими в мережі Інтернет, а *KML*-файли набули значного поширення в картографічних сервісах. *GPX* – текстовий формат на підставі *XML*, активно використовується для запису *GPS*-треків. *CSV* – внаслідок простоти – текстовий формат, поширений для зберігання геоданих, координати зазначені в колонках таблиці, *CSV* здебільшого використовують для точкових об'єктів. *GeoJSON* – текстовий формат, внаслідок зручності застосування цього формату в *JavaScript* останнім часом почали активно використовувати для інтерактивної картографії. *GeoJSON* заснований на *JavaScript Object Notation (JSON)*. *GeoJSON* призначений для подання різних структур географічних даних. Об'єкт *GeoJSON* може бути поданий геометрією (англ. *Geometry*), об'єктом (англ. *Feature*) або колекцією об'єктів (англ. *Feature Collection*). У *GeoJSON* об'єкт складається з набору пар ключ/значення (властивості). Ім'я кожної властивості стрічкового типу, а значення властивості може бути стрічковим типом, кількістю, об'єктом, масивом або одним із літералів. Об'єкт *GeoJSON* може мати довільну кількість властивостей (пар ключ/значення).

Наявні картографічні програми допомагають швидко і легко візуалізувати наявні дані, однак у практичній діяльності виникають ситуації, де варто обробляти дані для візуалізації відповідно до вимог конкретної задачі. У цьому випадку потрібно використовувати наявні засоби програмування, орієнтовані на мережеву роботу з великими обсягами даних та веб-сервіси. Засоби мови програмування *Python* здатні оперувати великими масивами даних, що є особливо корисним для аналізу обчислень, мова *Python* має легкий для сприйняття синтаксис. Засоби *PHP* орієнтовані на веб-сервіси, досить гнучка графічна бібліотека для *PHP* під назвою *CD* включена в стандартний інсталяційний пакет та дає можливість створювати зображення з нуля і чи маніпулювати з наявними. *Sparkline Graphing Library* дає змогу додавати візуальні компоненти в документ. *PHP* пов'язаний з базою даних, наприклад *MySQL*, що дає змогу працювати з великими масивами даних. Проте мова програмування *Processing* забезпечує просте середовище програмування, можливість створення динамічної та інтерактивної графіки за допомогою декількох рядків коду шляхом використання низки бібліотек. Здебільшого інтерактивна і динамічна інформаційна графіка в мережі розробляється з використанням *Flash* і *ActionScript*. Графіку можна створювати у *Flash*, а *ActionScript* дає змогу краще контролювати процес взаємодії користувачів з інтерактивними об'єктами. *Flash*-до-

датки завантажуються відносно швидко, і на більшості комп'ютерів Flash Player вже встановлено за замовчуванням.

Як показує аналіз, популярні й доступні засоби взаємодії з інтернет-ресурсами – веб-браузери постійно вдосконалюються у напрямі продуктивності, а засоби HTML, JavaScript і CSS стають доволі ефективними для візуалізації даних. Останнім часом удосконалено візуалізацію, яка легко реалізується у браузері зазначеними засобами. Якщо раніше інформаційна графіка, з елементами інтерактивності, створювалася переважно на Flash і ActionScript, то на сьогодні надійні в роботі пакети і бібліотеки, які допомагають швидко створювати інтерактивні й статичні візуальні об'єкти, що надають можливість для роботи з даними користувача. JavaScript набагато простіше використовувати з бібліотеками jQuery або MooTools. Плагіни для бібліотек допомагають під час створення деяких основних видів діаграм і графіків. Перевага полягає в тому, що не потрібно встановлювати на свій сервер графічну бібліотеку PHP.

3. Розроблення засобів візуалізації просторових енергетичних даних. Дані з датчиків, які використовуються у ГІС, зазвичай мають географічну (просторову) прив'язку. Дані отримують приставку "geo" з моменту їх прив'язки до місцевості та відображення на карті. Прив'язку об'єкта до місцевості здійснюють за допомогою географічних координат (довготи і широти), а там, де потрібно тривимірне подання, – висоти. Дані з датчиків та інша інформація є непросторовими даними, отже функція ГІС – встановлення зв'язку з просторовими даними. ГІС може зберігати низку параметрів для кожного об'єкта. ГІС-додаток дає змогу змінювати зовнішній вигляд карти, ґрунтуючись на непросторовій інформації, супутній розташуванню конкретного датчика (об'єкта), відповідно до його просторової прив'язки.

Зазвичай, на незначній за площею території знаходиться значна кількість різноманітних об'єктів. Вони мають різний тип локалізації. Вагомим аспектом ГІС є можливість класифікації об'єктів за різними ознаками, важливими для задач цієї системи, тому інформація в ГІС поділяється на певні теми. У межах теми об'єкти поділяються на шари (за типами використовуваних енергоносіїв, за класифікацією приналежності тощо). Сховище даних у хмарному сервісі має відкриті інтерфейси для доступу та публікації інтегрованих даних, управління якими здійснюється хмарним сервісом. Доступ до цих даних може здійснювати будь-який користувач мережі Інтернет за допомогою публічних документованих інтерфейсів доступу, які надає хмарний сервіс. За накопичення даних у хмарному сервісі безпосередньо відповідають підприємства та установи. Дані підприємств записуються у сховище даних у хмарному сервісі за допомогою інтерфейсів, які базуються на HTTP протоколі. Реалізація сховища даних у хмарному сервісі можлива за допомогою популярних хмарних сервісів, таких як: AWS, Azure і Google Cloud.

Використані засоби ГІС допомагають візуалізувати накопичені дані відповідно до вимог конкретної задачі. Для пошуку та вибору даних щодо енергоефективності, ГІС має засоби роботи з базами даних. Просторова інформація, що зберігається у спеціалізованих базах даних, забезпечує опрацювання накопиченої інформації відповідно до вирішуваних задач. Розроблені компо-

ненти оперативного, аналітичного та інтелектуального опрацювання даних використовують параметри геоінформаційної прив'язки для забезпечення візуалізації даних за просторовим принципом. Аналітичний апарат ГІС шляхом реалізації алгоритмів і задач оброблення просторових даних забезпечує підтримку прийняття управлінських рішень як на рівні окремої організації чи установи, так і на районному, обласному чи регіональному рівнях. Такий підхід не тільки реалізовує обробку матеріалів окремих об'єктних вимірювань та спостережень, але і забезпечує формування інтегрованих показників у вигляді карт та схем, зберігання отриманих картографічних даних. Забезпечення візуалізації даних за їх атрибутами, розташуванням відносно заданої групи об'єктів енергоефективності, щільності розподілу об'єктів, атрибутів об'єктів чи їх класифікації з урахуванням змін даних у часі, реалізовує формування управлінських рішень щодо енергоефективності на підставі отриманої в такий спосіб об'єктивної інформації про стан енергоспоживання.

Для побудови компонент візуалізації даних енергоспоживання в ГІС використовується інтерфейс API (англ. *Application Programming Interface*), з допомогою якого програмні компоненти взаємодіють один з одним. При цьому зазвичай компоненти утворюють ієрархію – високорівневі компоненти використовують API низкорівневих компонент. Стратегія API охоплює розробку компонент на підставі існуючих API, надання внутрішніх сервісів розробникам. Стандартні API, для забезпечення функціональності, відіграють важливу роль, оскільки вони гарантують, що всі компоненти будуть працювати однаково. У випадку API графічних інтерфейсів це означає, що програми будуть мати схожий користувацький інтерфейс, що полегшує процес освоєння нових програмних продуктів. У випадку веб-додатків, застосування стандартизованих API забезпечує кросплатформну сумісність функціонування додатків під час застосування веб-браузерів, реалізовує передачу інформації і забезпечує взаємодію за допомогою стандартного HTML формату. Загальнодоступні API забезпечують передачу даних в одному з двох форматів: XML або JSON. JSON є набагато більш лаконічний і простий у сприйнятті людиною, ніж XML.

Інтерфейс програмування додатків Google Maps API забезпечує створення необхідного користувачу інтерактивного картографічного матеріалу ГІС-системи. Цей сервіс надає доступ до величезної картографічної бази даних – традиційних карт, супутникових знімків земної поверхні, панорам перегляду вулиць та використовує тривимірні зображення та моделі. Картографічна база постійно оновлюється, що забезпечує можливість максимально точно відобразити реальний стан об'єктів, зокрема й енергоспоживання. Картографічний ресурс складається з бази даних дистанційного зондування та топографічних карт. Для доступу до даних пропонуємо два сервіси – Google Maps і Google Earth. Google Maps сервіс <http://maps.google.com/> працює в режимі веб-додатку, де доступ до даних максимально спрощений. Для перегляду достатньо програмного забезпечення веб-браузера. Зручність навігації зумовлена використанням технології AJAX, що дає змогу оновлювати вміст сторінки без її перезавантаження.

В такий спосіб здійснюється зміна масштабу і переміщення на карті без будь-яких затримок. Google Earth сервіс <http://earth.google.com/> працює з даними за допомогою спеціальної програми-навігатора, що потребує окремої установки. Можливості програми перевершують веб-сервіс як набором даних, так і наявністю додаткових інструментів (вимірювання, робота з GPS). Використання Google Earth забезпечило популяризацію формату KML (англ. *Keyhole Markup Language*), що є розширенням XML, що розроблене для зберігання та опису векторних просторових даних. Популяризація формату забезпечує імпорту та експорту у найпоширеніші пакети ГІС та конвертування даних з інших форматів у KML. За допомогою сервісу Google Maps API (англ. *Google Maps Engine*) створюються призначені для користувача карти з мітками, шарами, маршрутами. Компоненти системи покликані максимально полегшити доступ споживачів до засобів ГІС, а сервіс має велику кількість налаштувань, а також можливість інтеграції створених карт у сайт.

Для користування сервісом достатньо мати аккаунт Google, який дає змогу наносити мітки та іншу просторову інформацію на карту. Зовнішній вигляд міток та об'єктів змінюється способом вибору кольору та графічного відображення, при цьому є можливість завантажувати графічні об'єкти за допомогою прямого посилання на зображення. Зручність сервісу забезпечує створення міток, коли вже на готовій карті можна відображати ті чи інші інформаційні шари. Для міст, де доступна докладна інформація про окремі об'єкти інфраструктури, можна також переглядати "гібридну" карту, яка є космічним знімком з високою роздільною здатністю з накладеною топографією. Забезпечується можливість розмішувати картографію Google Maps безпосередньо на розроблених веб-сторінках, що посилаються на дані в базі Google. Це забезпечує централізованість даних та оперативне їх оновлення. Можливість доповнювати карту своїми даними дає змогу додати власні об'єкти, маркери, інтерактивні підказки та спливаючі вікна. Дані для відображення можуть перебувати як безпосередньо в коді веб-сторінок, так і в зовнішніх файлах. У систему управління картою включені стандартні можливості навігації та анімації. Є можливість створювати тематичні шари безпосередньо в режимі перегляду веб-сторінки.

Особливістю і головною відмінністю Google Maps є зберігання даних на сервері Google, відображення та оброблення даних онлайн. Велика швидкість відображення даних досягається завдяки показу даних на різних рівнях масштабування та поступовому промальовуванню за мірою завантаження даних. Дані організуються за принципом шарів. Дані в системі вже підготовлені до використання та їх не потрібно спеціальним чином обробляти. Призначені для користувача дані більш керовані, оскільки можна змінювати порядок їх відображення (мінати шари місцями), створювати шари з вкладеними іншими шарами та об'єктами. Створені дані може переглянути будь-який користувач сайту Google. Забезпечується побудова перспективних (рельєфних) зображень, нанесення власних об'єктів, їх поєднання з поверхнею, вимірювання відстаней, перегляд території на заданій висоті.

Для роботи з API потрібно насамперед зареєструватися для отримання ключа API. Для розміщення карти на певній веб-сторінці варто виконати низку кроків. Розробник отримує унікальний код (API key), що дає змогу користуватися сервісом Google Maps. Цей код надалі повинен бути присутній на сторінці з картою і буде служити для ідентифікації користувача. Для під'єднання до сервісу в текст сторінки додаються рядки реєстрації, що містять отриманий унікальний код. Нескладні команди дають змогу додати на карту власні контури, маркери, інтерактивні підказки та спливаючі вікна. Дані для відображення можуть перебувати як безпосередньо в коді веб-сторінок, так і в зовнішніх файлах. Maps API є відкритою системою, тому розширення класів подій, створення майстрів і спеціальних пошукових систем забезпечують розширені можливості взаємодії з сервісом. Разом з іншими продуктами Google (GMail, Google Search, Google Docs тощо) сервіс поєднує потреби користувачів і можливості ГІС для взаємодії з просторовою інформацією.

Загальнодоступні засоби ГІС картографічного сервісу Google Maps можна практично використовувати декількома способами, кожен з яких має переваги і недоліки. Найширші можливості забезпечує використання засобів програмування мови JavaScript з безпосереднім викликом функцій Google Maps API. Для початку потрібно створити код html сторінки. За допомогою Google Maps API з використанням документації та інструкцій з використання Google Maps. Далі на сторінці створюємо елемент `<div id="map"></div>`, у якому відобразити-меться карта Google Maps. За потреби можна стилізувати цей елемент, зазначивши висоту і ширину. Під'єднання бібліотеки Google Maps API відбувається за допомогою скрипта на веб-сторінці (прог. 1).

```
<script src="https://maps.google-  
apis.com/maps/api/js?key=AlzaSyCxiXXX-kfjO-  
FYyXXX&callback=initMap"></script>
```

Прог. 1. Код виклику Google Maps API

Визначення об'єкта карти Google Maps, центрування карти параметром center та рівень наближення (масштабу) карти параметром zoom, а за потреби – модифікування стилю відображення карти та її елементів за допомогою параметра style показано у прог. 2.

```
map = new  
google.maps.Map(document.getElementById('map'), {  
  center: {lat: 49.835199, lng: 24.0084904},  
  zoom: 18  
});
```

Прог. 2. Код вибору параметрів відображення карти

Для відображення додаткової інформації ГІС, наприклад інформаційного та технологічного характеру, на картах Google Maps доцільно застосовувати спеціальний елемент типу маркер. Для цього визначається зміна маркера (прог. 3).

```
var marker = new google.maps.Marker({  
  position: {lat: 49.835088, lng: 24.0085},  
  map: map,  
  title: Інформація по маркеру ІоТ1',  
  icon: 'https://theXXX.com/redmarker48.png'  
});
```

Прог. 3. Код параметрів маркера

Додатковими параметрами маркера визначається його розташування `position`, назва `title` та піктограма `icon`. Підвівши курсор до маркера, відобразиться зазначена інформація про об'єкт (рис. 2).

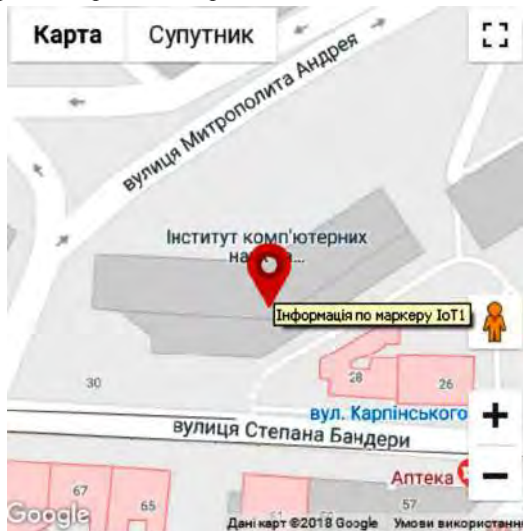


Рис. 2. Отримане засобами ГІС Google Maps API зображення об'єкта на карті

Для відображення повнішої інформації про параметри, наприклад технологічного об'єкта, який прив'язаний до маркера, доцільно використовувати окреме інформаційне вікно. Для цього потрібно додати подію під час клікання на маркер у Google Maps в такий спосіб (прог. 4):

```
var infowindow = new google.maps.InfoWindow({
    content: '<p>Координати маркера:<br>+ marker.getPosition()<br>+ <br>Вимірюваний параметр:<br>+ value_data + </p>'
});
google.maps.event.addListener(marker, 'click', function() {
    infowindow.open(map, marker);
});
```

Прог. 4. Код відпрацювання події

Вміст повідомлення інформаційного вікна описується у параметрі `content`. Перший параметр методу `event`, що описує реакцію на певну дію користувача, `addListener` містить ім'я відповідного об'єкта `marker`. Об'єктом може бути маркер або власне карта. Другий параметр `click` визначає тип події, у цьому випадку – клікання мишкою. Третій параметр описує функцію-обробник, яка спрацює після настання події (рис. 3).

Зазначений підхід забезпечує максимальну гнучкість у створенні користувацького ПЗ ГІС для потреб ІАСУЕ, однак потребує певних знань у напрямі програмування та особливостей використання спеціалізованого Google Maps API.

Альтернативним способом є застосування спеціалізованих веб-сервісів, які дають змогу на підставі даних користувача створити (згенерувати) необхідну карту. Одним з них є картографічний сервіс BatchGeo, що покликаний значно спростити і прискорити процес підготовки карт з користувацькими даними для публікації в мережі або друку. Зазвичай процес ручного додавання кожної точки в Google Maps досить трудомісткий і може зайняти тривалий час. Веб-сервіс BatchGeo доцільно використовувати за наявності в розпорядженні користувача великої кількості табличних даних, які варто ві-

добразити у прив'язці до місцевості. Це можуть бути різноманітні технологічні дані. Завдяки сервісу BatchGeo, без необхідності кодування та ручного перенесення даних, забезпечується створення інтерактивної карти, готової до розміщення на сайті.

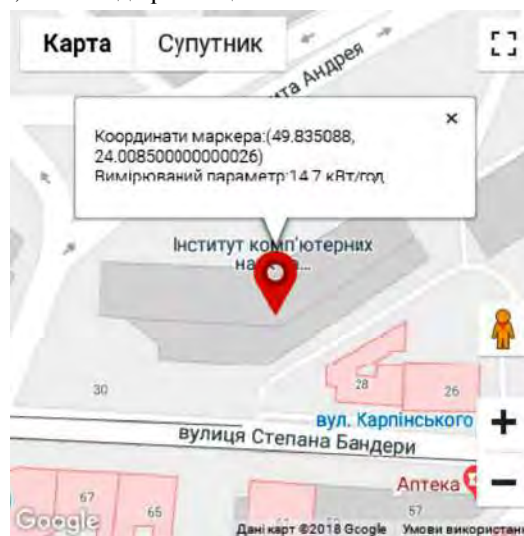


Рис. 3. Відображення засобами Google Maps API параметрів технологічного об'єкта на карті

Процес створення карти, що відображає розташування та основні параметри засобів збирання інформації ІАСУЕ, наведеної нижче. Створюється таблиця з даними для візуалізації засобами Excel, Google Docs або OpenOffice Calc (таблиця). Важливо, щоб у таблиці містилися дані про координати об'єктів у полях, які мають назву `Latitude` та `Longitude`.

Таблиця. Параметри технологічного об'єкта для створення карт

Name	Latitude	Longitude	Value	Type	Description
IoT 1 електроенергія	49.83520	24.00849	123,1	1	кВт/г
IoT 2 вода	49.83509	24.0085	21,2	2	л/г
IoT 3 електроенергія	49.83501	24.0083	42,2	1	кВт/г
IoT 4 електроенергія	49.83503	24.0088	37,2	1	кВт/г
IoT 5 вода	49.83504	24.0086	92,1	2	л/г

На головній сторінці цього сервісу BatchGeo <https://batchgeo.com/> можна завантажити таблицю, в якій описано наявні дані. Сервіс підтримує імпортування даних з усіх основних табличних редакторів (Excel, Google Docs, OpenOffice Calc). Далі, після виконання процесу геокодування, на електронну скриньку користувача сервісу буде надіслано посилання на створену карту технологічного об'єкта, яку можна редагувати надалі за наданим посиланням. На рис. 4 зображено карту, створену засобами веб-сервісу BatchGeo з відображеними параметрами технологічного об'єкта. За потреби карту можна переглянути у сервісі Google Earth, вибравши опцію меню "Export to Google Earth".

Однак найгнучкішою можливістю щодо створення та реалізації засобів відображення ГІС для ІАСУЕ забезпечує використання інтегрованих рішень Google Cloud. Використання їх позбуває необхідності застосування сторонніх програмних засобів розробки та візуалізації даних. Розглянемо створення такими інтегрованими засобами ГІС інтерфейсу взаємодії користувача з даними,

що надсилаються компонентами нижнього рівня за допомогою вільно доступних ресурсів хмарного сервісу Google Cloud.

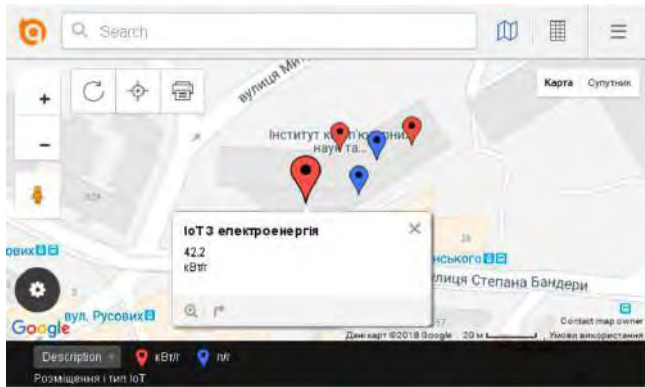


Рис. 4. Карта з параметрами технологічного об'єкта, створена засобами веб-сервісу WatchGeo

Після реєстрації акаунта користувача на сайті <http://www.google.com/accounts/> варто зайти у створений обліковий запис (<https://drive.google.com/drive/my-drive>), створити новий документ кнопкою "+ New" і вибрати опцію "Google My Maps". У вікні роботи з картографічним сервісом можна вибрати тип карти, на якій відображатимуться мітки об'єктів та дані користувача за допомогою опції "Вихідна карта". Далі потрібно додати новий шар ГІС, у якому власне і відображатимуться об'єкти, у нашому випадку ІАСУЕ, за допомогою кнопки "Додати шар". Таких шарів може бути декілька, наприклад відповідно до типу об'єктів ІАСУЕ.

Далі потрібно додати розташування окремого об'єкта, натиснувши кнопку "Додати маркер" і перетягнути його в місце, що відповідає геокоординатам зазначеного об'єкта. У вікні властивостей об'єкта варто зазначити назву, параметри відображення, його характеристики тощо та натиснути кнопку "Зберегти". Аналогічно потрібно додати на карту й описати всі необхідні об'єкти. Створювана карта автоматично зберігається в обліковому записі. Посилання на карту можна отримати після натискання кнопки "Переглянути". Взірець розробленого в такий спосіб інтерфейсу ГІС наведено на рис. 5.

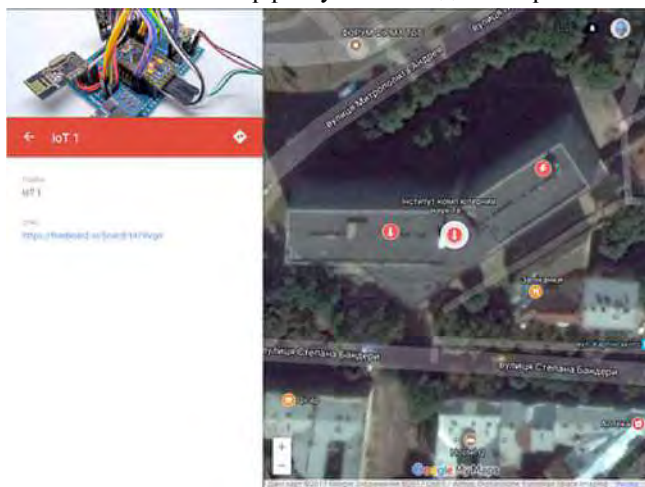


Рис. 5. Інтерфейс ГІС

Створену карту можна опублікувати у мережі за допомогою сервісу веб-хостингу в Google Cloud (<https://sites.google.com/>). У зазначеному сервісі після створення заготовки веб-сторінки кнопкою "+" потрібно у вікні вказати необхідні атрибути сторінки (назву,

заголовки тощо) і через меню "Insert", "from Drive" додати на сторінку створену карту. Кнопкою "Publish" відбувається автоматична публікація у мережі Інтернет та формується посилання на опубліковану веб-сторінку.

Висновки

1. Запропоновано розробку ІАСУЕ економіки регіону здійснювати на підставі компонентно-орієнтованої технології та інтегрованого підходу, який охоплює методи та засоби аналітичного оброблення даних, моделювання, прогнозування та прийняття рішень.
2. Розроблено ІАСУЕ економіки регіону, яка орієнтована на створення єдиного інформаційного простору з достовірною, повною та оперативною інформацією, що використовується для генерації ефективних управлінських рішень.
3. Розроблено з використанням концепції мережі Інтернет речей засоби збирання даних, основою яких є просторово розподілені малогабаритні інтелектуальні сенсори, які зв'язані зі сховищем даних у хмарному сервері.
4. Показано, що розроблення компонент геоінформаційної системи для ІАСУЕ економіки регіону доцільно здійснювати з використанням хмарного сервісу документів Google Cloud та спеціалізованого Google Maps API, що забезпечить оперативне створення необхідних компонент, їх модифікацію та нарощування інформаційних можливостей.
5. Показано, що додаткове залучення засобів програмування, зокрема мови JavaScript з використанням Google Maps API, забезпечує можливість розроблення геоінформаційної системи для ІАСУЕ економіки регіону з урахуванням додаткових специфічних вимог користувача системи у майбутньому.
6. Запропоновано засоби підтримки прийняття управлінських рішень ІАСУЕ економіки регіону орієнтувати на використання баз і сховищ даних, спеціалізованих загальнодоступних засобів створення ГІС для візуалізації та аналізу даних про енергоспоживання та енергоефективність, що забезпечить обґрунтованість і оперативність генерації управлінських рішень.
7. Показано, що візуалізація енергетичних даних і результатів оброблення у максимально сприйнятливому для людини вигляді з точною прив'язкою до місць розташування об'єктів управління забезпечує ефективну підтримку прийняття управлінських рішень.

References

- [1] Bertocco, M., Cappellazzo, S., Flammini, A., & Parvis, M. (2002). A multi-layer architecture for distributed data acquisition. *Proceedings of the 19th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 2, 1261–1264.
- [2] Big Data Implementation Vs. (2019). *Data Warehousing*. Retrieved from: <http://www.b-eye-network.com/view/17017>
- [3] Bulls, N. (2018). Big Data Visualization Tools. *Encyclopedia of Big Data Technologies*. Springer. Retrieved from: <https://arxiv.org/pdf/1801.08336.pdf>
- [4] Chiu, Yu. Hsien, et al. (2014). *Enterprise resource planning*. New-York, 268 p.
- [5] Data Visualization. (2015). *Data Visualization for Human Perception*. The Interaction Design Foundation. Retrieved from: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/data-visualization-for-human-perception>
- [6] Data Warehouse Design. (2019). Retrieved from: <http://tdan.com/data-warehouse-design-inmon-versus-kimball/20300>

- [7] Data Warehousing. (2019). Big Data and Its Impact on Data Warehousing. Retrieved from: http://cdn.ttgtmedia.com/BeyeNETWORK/downloads/BigDataE-Book_final.pdf
- [8] Diamantaras, K. I., & Kung, S. Y. (1996). *Principal Component Neural Networks: Theory and Applications*. Wiley, 270 p.
- [9] Friedman, V. (2008). Data Visualization and Infographics. in: *Graphics, Monday Inspiration*, January 14th, 2008. Retrieved from: <https://www.smashingmagazine.com/2008/01/monday-inspiration-data-visualization-and-infographics/>
- [10] Karpa, D. M., Tsmots, I. G., & Teslyuk, V. M. (2019). Decision support tools for prioritizing energy-saving projects. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(2), 135–140. [In Ukrainian].
- [11] Lambda Architecture. (2019). Retrieved from: <http://lambda-architecture.net/>
- [12] Lengler, Ralph, & Eppler, Martin. J. (2019). Periodic Table of Visualization Methods. www.visual-literacy.org. Retrieved from: <http://www.visual-literacy.org/periodic-table/periodic-table.html>
- [13] Medikovsky, M. O., Tsmots, I. G., & Podolsky, M. R. (2013). Substantiation of the principles of construction and development of the generalized structure of the information-analytical system for estimation, forecasting and management of energy efficiency of the region's economy. (Ser. Computer sciences and information technologies). *Bulletin of NU "Lviv Polytechnic"*, 751, 40–51. Lviv. [In Ukrainian].
- [14] Medykovsky, M. O., Tkachenko, R. O., Tsmots, I. G., Tsymbal, Yu. V., Doroshenko, A. V., & Skorokhoda, O. V. (2015). Intellectual components of integrated automated control systems. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 280 p. [In Ukrainian].
- [15] Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. G., & Skorokhoda, O. B. (2014). Spectrum neural network filtration technology for improving the forecast accuracy of dynamic processes in economics. *Actual Problems of Economics*, 12(162), 410–416.
- [16] Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. G., & Tsymbal, Yu. V. (2013). Intelligent data processing tools in energy efficiency management systems for regional economy. *Actual Problems of Economics*, 12(150), 271–277.
- [17] Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. G., Skorokhoda, O. B., & Teslyuk, T. V. (2016). Design of Intelligent Component of Hierarchical Control System. *Econtechmod: An International Quarterly Journal*, 5(2.3), 3–10.
- [18] Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. H., & Tsymbal, Yu. V. (2016). Information analytical system for energy efficiency management at enterprises in the city of Lviv (Ukraine). *Actual Problems of Economics*, 1(175), 379–384.
- [19] O'Leary, D. E. (2000). Enterprise resource planning systems: systems, life cycle, electronic commerce, and risk. *Cambridge University Press*.
- [20] Teslyuk, T., Tsmots, I., Teslyuk, V., Medykovskyi, M., & Opotyak, Y. (2017). Architecture of the management system of energy efficiency of technological processes in the enterprise. *Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference*, September 5–8, 2017, Lviv, (pp. 429–433).
- [21] Teslyuk, T., Tsmots, I., Teslyuk, V., Medykovskyi, M., & Opotyak, Y. (2018). Architecture and Models for System-Level Computer-Aided Design of the Energy Efficiency Management System of Technological Processes at the Enterprise. *Automation 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing: International Conference*, 689, 538–557. Springer.
- [22] Tsmot, I. G., Teslyuk, T. V., Opotyak, Yu. V., & Teslyuk, V. M. (2017). Architecture of a Multilevel Energy Efficiency Management System in the Region. (Ser. Computer Science and Information Technologies). *Bulletin of the National Technical University of Lviv Polytechnic*, 864, 201–209. Lviv. [In Ukrainian].
- [23] Tsmots, I. G., & Roman, V. I. (2019). Improving the method of grouping energy data in the system of multilevel energy efficiency management of the region's economy. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(1), 116–120. [In Ukrainian].
- [24] Tsmots, I. G., Skorokhoda, O. V., & Roman, V. I. (2016). Data repositories of multilevel energy efficiency management systems. *Modeling and information technologies*, 77, 192–197. Institute of Modeling Problems in Energy. [In Ukrainian].
- [25] Tsmots, I. G., Tsymbal, Yu. V., & Tsmots, O. I. (2012). Early warning systems for enterprises using neural networks tools. *Actual Problems of Economics*, 10(136), 283–291.
- [26] Tsymbal, Yu., & Tkachenko, R. (2016). A Digital Watermarking Scheme Based on Autoassociative Neural Networks of the Geometric Transformations Model. *Proceedings of the 2016 IEEE First International Conference on Data Stream Mining & Processing*, (pp. 231–234).

I. G. Tsmots, Yu. V. Opotiak, V. I. Roman

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

MEANS FOR COLLECTION AND VISUALIZATION OF ENERGY DATA FOR THE SYSTEM OF ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT OF THE REGIONAL ECONOMIC

It is shown that energy efficiency improvement of the region's economy is realized through the use of information-analytical means of supporting energy efficiency management, which are based on intellectual information, Web and telecommunication technologies. Architecture of an information-analytical system (IAS) for managing the energy efficiency of the region's economy has been developed based on the principles of modularity, openness, compatibility and use of a set of basic design solutions. IAS provides collection, processing and visualization of energy data, modeling, forecasting of energy efficiency management processes and support of energy efficiency management decisions for regional economic. The creation of a unified information space with reliable, complete and timely information that is used to generate effective management decisions is ensured. On the basis of the Internet of Things concept developed data collectors that are the spatially distributed small intelligent sensors linked to a cloud server. It is shown that it is expedient to develop the components of the geoinformation system for the IACEA region economy using Google Cloud Services and the specialized Google Maps API, which will provide promptly creation, modification and increase of information capabilities. It is argued that the additional involvement of programming tools, including JavaScript, using the Google Maps API provides the opportunity to develop a geoinformation system for the IAS for supporting energy efficiency management of regional economy, taking into account additional specific future requirements of the thesis system. It is proposed creation of the IAS for supporting energy efficiency management on the basis of databases and data warehouses, specialized publicly available GIS tools for visualization and analysis of energy consumption and energy efficiency data, which will ensure the feasibility and efficiency of generated management decisions. It is shown that the visualization of energy data and processing results in the most human-readable form with precise locations of the management facilities provides effective support for management decisions.

Keywords: collecting; processing and visualizing energy efficiency data; supporting managerial decision-making; concept of internet of things; tools of geoinformation system.

Інформація про авторів:

Цмоць Іван Григорович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих систем управління.

E-mail: ivan.tsmots@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4033-8618>

Опотяк Юрій Володимирович, канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, кафедра автоматизованих систем управління.

E-mail: yurii.opotyak@yahoo.com

Роман Володимир Ігорович, аспірант, кафедра автоматизованих систем управління. **E-mail:** volodyaroman9@gmail.com

Цитування за ДСТУ: Цмоць І. Г., Опотяк Ю. В., Роман В. І. Засоби збирання та візуалізації енергетичних даних для системи управління енергоефективністю економіки регіону. *Український журнал інформаційних технологій*. 2019, т. 1, № 1. С. 01–10.

Citation APA: Tsmots, I. G., Opotiak, Yu. V., & Roman, V. I. (2019). Means for collection and visualization of energy data for the system of energy efficiency management of the regional economic. *Ukrainian Journal of Information Technology*, 1(1), 01–10.

<https://doi.org/10.23939/ujit2019.01.001>