

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТА РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МІСЬКИХ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

Ніна Давиденко

кандидат технічних наук,

старший викладач кафедри комп'ютерних наук

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43000;

ORCID: 0000-0002-9722-745X

Валерій Ліщина

кандидат технічних наук,

завідувач кафедри комп'ютерних наук

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43000;

ORCID: 0000-0002-2371-3850

Сергій Куницький

кандидат технічних наук,

старший науковий співробітник науково-дослідної частини

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, Рівне, Україна, 33000;

ORCID: 0000-0003-0318-6149

Розглянуто питання побудови інформаційної системи моніторингу функціонування систем міської інфраструктури як складних інженерно-технічних систем. Обґрунтовано необхідність моніторингу попиту в системі. Як режимний показник використано профіль попиту на послугу. Запропоновано архітектуру інформаційної технології моніторингу попиту, яка базується на об'єктно-орієнтованому підході та має блочну структуру. Проектування прототипу інформаційної технології виконано за допомогою уніфікованої мови моделювання. Для опису функціональності та поведінки елемента архітектури інформаційної технології побудовано діаграму прецедентів. Візуалізацію взаємозв'язків між розрахунковими компонентами блоку аналізу даних моніторингу для виявлення закономірностей у формуванні профілів попиту представлено за допомогою діаграми класів, яка містить п'ять класів, що пов'язані між собою певним типом агрегації. Інтеграція розробленого прототипу в інформаційну систему моніторингу функціонування міських систем дозволить ідентифікувати зміну фактичних умов роботи їх об'єктів, що сприятиме підвищенню якості прийняття рішень щодо управління їх режимами роботи.

Ключові слова: моніторинг попиту, профіль попиту, прототип інформаційної технології, уніфікована мова моделювання, діаграма прецедентів, діаграма класів.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Системи міської інфраструктури є важливою ланкою людської діяльності та соціального розвитку. До таких систем згідно [1] належать системи електро-, газопостачання, транспортні системи, системи життєзабезпечення та комунальних послуг тощо. Системи міської інфраструктури забезпечують розподіл просторових послуг та є складними інженерно-технічними системами (ІТС), які містять низку взаємопов'язаних підсистем (які теж є складними системами), а також знаходяться у взаємозв'язку між собою. Міські ІТС є споживачами паливно-енергетичних (електроенергії, газу тощо) та природних (вода) ресурсів. Одним із пріоритетів сучасного сталого розвитку територій є енергетична ефек-

тивність, яка у контексті видачі комплексних рішень є проблемою, що стосується будь-яких галузей і технологічних процесів [2]. Згідно [3], необхідно приділяти «особливу увагу синергії між заходами з енергоефективності та ефективному використанню природних ресурсів відповідно до принципів кругова економіка».

Підвищення рівня ефективності використання енергетичних та природних ресурсів (разом із впровадженням сучасних технологій, підвищення якості, результативності, ефективності технологічних процесів) потребує розвитку системи управління об'єктами та мережами систем міської інфраструктури. Для забезпечення ефективного функціонування таких мереж, в тому числі й ефективного ресурсовикористання, необ-

хідним є планування режимів роботи їх об'єктів відповідно до потреб, ідентифікації нештатних ситуацій та впровадження низки заходів для їх попередження та ліквідації. При цьому, основою процесу управління для забезпечення ефективного її функціонування повинна бути реакція на попит, який визначається демографічною групою конкретних споживачів послуги ІТС міської інфраструктури. В [4] зазначено, що завдання оперативного регулювання можна вирішувати лише за наявності актуальної та достовірної інформації про виробничий процес, тобто, про режими роботи об'єктів ІТС, а також чинники зовнішнього середовища. Відсутність єдиної інформаційно-аналітичної бази ускладнює проведення реального аналізу ефективності функціонування ІТС та її об'єктів.

Процес управління ІТС вимагає проведення моніторингу функціонування її об'єктів, подання даних моніторингу у зручній формі для забезпечення ефективності та оперативності прийняття рішень. При цьому, інформаційна система моніторингу повинна будуватись як система спеціально організованого автоматизованого відстеження стану і поведінки об'єкта управління та зовнішнього середовища за певними характеристиками (показниками, параметрами) для визначення відповідності фактичних і планових значень [5]. Сучасний розвиток інформаційних технологій, технічних засобів автоматизації, комп'ютеризації забезпечує можливість накопичення інформації про фактичні умови, параметри, характеристики режимів роботи всієї системи та кожного її об'єкта. Вивчення цієї інформації забезпечує виявлення прихованих закономірностей для їх урахування під час формування технологічних режимів роботи об'єктів, аналізу, прогнозування та комплексної оцінки стану об'єкта управління з метою підвищення ефективності його функціонування [6].

МЕТОЮ роботи є удосконалення ефективності інформаційного забезпечення процесу управління режимами роботи об'єктів міських ІТС з урахування впливу зовнішніх чинників шляхом розробки інформаційної системи моніторингу попиту.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Міські ІТС функціонують в певних умовах, що визначаються впливом кліматичних, територіальних, соціальних чинників та укладом життя населення міста. Зовнішнє середовище представляє собою сукупність факторів прямої та непрямої дії. Зовнішні чинники мають

випадковий характер і зумовлюють зміну значень технологічних параметрів і фактичних умов роботи ІТС та її об'єктів. Ідентифікація цих умов є складовою процесу планування режимів роботи та контролю ефективності функціонування ІТС. Одним з зовнішніх чинників, який ускладнює оцінку ефективності роботи об'єктів міської ІТС є попит. Не врахування його впливу призводить до зниження ефективності її функціонування. На динаміку попиту в ІТС впливають соціальні (відображають уклад життєдіяльності: тип дня – робочі, вихідні; час доби), а також кліматичні та сезонні чинники. Отже, необхідно врахувати циклічні зміни попиту, зумовлені впливом цих чинників, та фактичні умови роботи об'єкту дослідження.

В сучасних умовах акцент ставиться на необхідності мати надійну і «інтелектуальну» систему управління об'єктами ІТС, систему збору і оперативного відображення технологічних параметрів цих об'єктів в пункті диспетчерського управління [7], а також створення великих баз ретроспективних даних [8] для ефективного планування режимів роботи об'єктів, їх контролю та управління.

Для аналізу ситуації на об'єкті дослідження необхідні об'єктивні показники, джерелом яких має стати система моніторингу, побудована на сучасних системах обліку, збору, зберігання і обробки даних. Першим кроком на шляху до ефективного управління технологічним процесом ІТС є розробка та впровадження автоматизованої системи оперативного відстеження його протікання та чинників, що його визначають. Застосування можливостей сучасних інформаційних технологій дозволяє реалізувати процес інтегрування декількох підсистем на рівні єдиної розподіленої системи зі зручним інтерфейсом взаємодії з користувачем. Розвиток систем обліку енергоспоживання та автоматизованого управління технологічними процесами дозволяють отримувати, зберігати і оперативно надавати великий обсяг інформації про параметри і режими роботи об'єктів ІТС, обсяги споживання енергоресурсів, об'єми попиту. Сучасний розвиток інформаційного і технологічного оснащення підприємств дозволяє удосконалювати методи отримання характеристик технологічних процесів, чинників, що визначають особливості їх формування, виконувати їх аналіз тощо. Ефективним інструментом вирішення завдань управління ефективністю функціонування міської ІТС є Web-орієнтовані системи моніторингу [9], що

дозволяє створити єдиний інформаційний простір для моніторингу міських ІТС, що мають територіально розгалужену структуру та множини окремих взаємопов'язаних і взаємозалежних компонентів і агентів.

У зв'язку із накопиченням великих обсягів даних, отриманих під час моніторингу режимів роботи ІТС, для полегшення їх аналізу інформаційна система повинна забезпечувати можливість інтелектуального аналізу даних (ІАД) [8]. У загальному випадку задачами ІАД є [10]: пошук функціональних і логічних закономірностей у накопичених даних; знаходження прихованих правил і закономірностей; використання виявлених закономірностей для побудови моделей, які характеризують стан або прогнозують розвиток певних процесів; аналіз виключень, призначений для виявлення і тлумачення аномалій у знайдених закономірностях. Використання ІАД забезпечує можливість вивчення постійно зростаючих обсягів інформації та виявлення прихованих закономірностей, що визначають формування технологічних режимів об'єктів ІТС. Це дозволить оцінити відповідність поточного стану технологічного процесу надання послуги фактичному попиту, забезпечить інформаційну підтримку прийняття рішень шляхом виявлення певних закономірностей [11].

Основним режимним показником функціонування міської ІТС є профіль попиту на послугу, який представляє собою добовий графік попиту (ДГП). Створення бази даних (БД) ДГП в рамках моніторингу функціонування ІТС міської інфраструктури є основою вирішення завдань оптимізації режимів роботи її об'єктів. Аналіз профілів попиту є одним із підходів до ідентифікації фактичних умов роботи ІТС та їх зміни [12]. Цей підхід спрямований на вилучення максимального ступеня інформації з наявних даних з метою поліпшення ефективності функціонування ІТС, планування режимів роботи її об'єктів, розподілу енергоресурсів тощо. Завдання ідентифікації умов роботи об'єктів ІТС на основі інформації про профілі попиту, які визначають їх режим роботи, можна представити як завдання розпізнавання образів [12]. Однак дані повинні бути належним чином організовані та опрацьовані [13].

Інформаційна технологія являє собою «сукупність методів, прийомів і програмно-технологічних засобів, об'єднаних у технологічний ланцюжок для забезпечення збору, зберігання, обробки і виведення інформації» [14]. Джерелами інформації в системі моніторингу функціонування ІТС

є автоматизовані системи обліку об'ємів наданих споживачам послуг; автоматизовані системи контролю та обліку енергоресурсів; підсистема геовізуалізації, що забезпечує роботу з динамічною атрибутивною інформацією про територіально-розподілені об'єкти міської ІТС та її інтерактивне представлення в картографічному вигляді. Основою підсистеми є геоінформаційна система (ГІС), що забезпечує збір, обробку, зберігання, графічне відображення і систематизацію даних про топологію та структуру мережі, фактичний стан обладнання, режим роботи мережі для їх використання під час аналізу, моделювання та прогнозування параметрів мереж та параметрів режиму роботи обладнання. Комунікаційна підсистема призначена для віддаленого збору даних і передбачає використання web-технологій, що забезпечує передачу даних та зв'язок між підсистемами ІТС, її об'єктами, пунктами обліку та системами управління. Аналітична підсистема містить підсистеми ІАД, моделювання і прогнозування, планування та контролю. Кожна підсистема представляє собою сукупність розрахункових процедур, методів та алгоритмів для реалізації відповідних завдань, тобто має відповідну архітектуру. Результатом кожної процедури є інформація, яка збирається в БД. Частина інформації є вихідною для наступних процедур, інша – використовується для прийняття рішення щодо поліпшення ефективності функціонування ІТС.

Формалізацію інформаційної технології процедури моніторингу попиту з урахуванням завдань моніторингу ефективності функціонування ІТС виконано з використанням об'єктно-орієнтованого підходу, основою якого є декомпозиція проблеми на окремі об'єкти або концептуальні класи. Застосування такого підходу передбачає проведення об'єктного аналізу предметної області та реалізації на його основі об'єктно-орієнтованого проектування. Суть аналізу полягає в ототожненні сутностей (об'єктів, процесів) предметної області у вигляді сукупності інформаційних об'єктів, що взаємодіють один з одним [15]. Архітектура процедури моніторингу попиту в ІТС (рис. 1) містить три категорії класів.

1) WEB-service – клас, що містить процедури отримання вихідної інформації;

2) FORMS-class – сукупність класів, об'єднаних обчислювальними алгоритмами та моделями:

– class Аналіз попиту – передбачає:

а) Sub-class Добовий графік попиту: опис та аналіз ДГП, їх класифікація та формування

груп однотипних ДГП; виявлення циклічних змін попиту;

б) Sub-class Характеристики попиту: формалізований опис попиту для типових умов, формування профілів попиту характерних днів;

– class Планування – передбачає планування режимів роботи об'єктів ІТС, побудова моделей ресурсвикористання об'єктами ІТС;

3) CONTROL-class – клас, що містить процедури виконання контролю відповідності фактичного стану об'єкту дослідження запланованому.

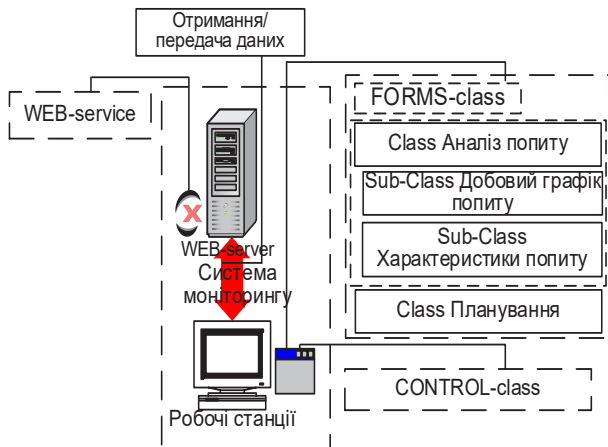


Рисунок 1 – Архітектура інформаційної технології моніторингу попиту в ІТС

Підвищення інформативності результатів моніторингу попиту для ідентифікації змін умов

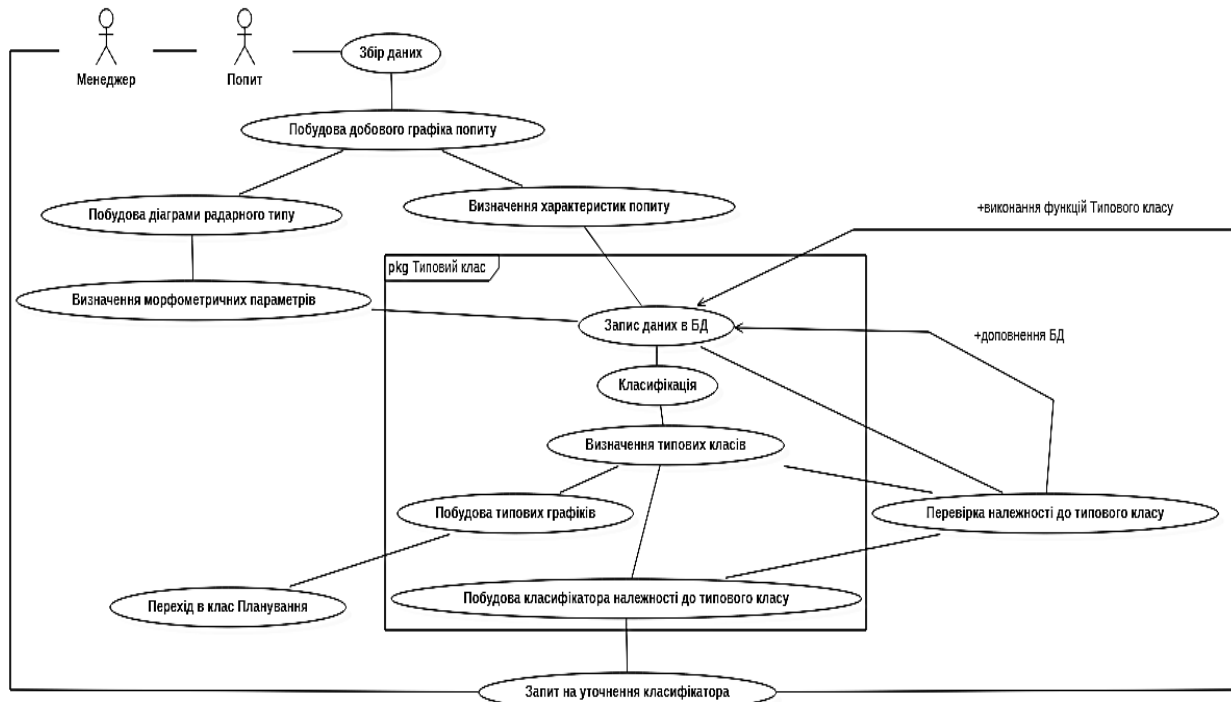


Рисунок 2 – Діаграма прецедентів прототипу інформаційної систем

роботи ІТС та її об'єктів потребує формування інформаційного ознакового простору, який містить БД про характеристики добового попиту, а також результати морфометричного опису форми ДГП [6].

Результатом процесу об'єктно-орієнтованого проектування є множина класів об'єктів із приєднаними методами обробки атрибутів. Документування результатів проектування прототипу інформаційної технології моніторингу попиту в міській ІТС виконано за допомогою уніфікованої мови моделювання (Unified Modeling Language, UML), що містить стандартний набір діаграм для моделювання. Розробку UML діаграм виконано за допомогою програмного забезпечення StarUML, версія 4.1.6.

Опис функціональності та поведінки елемента архітектури «Class Аналіз Попиту» категорії «FORMS-class» інформаційної технології моніторингу попиту виконано за допомогою діаграми прецедентів (рис. 2), яка призначена для: визначення межі та контексту модельованої предметної області; формування вимог щодо поведінки проектованої системи; розробки концептуальної моделі системи для її подальшої деталізації; підготовки документації для взаємодії із замовниками та користувачами системи.

Ієрархію та операції класів елемента архітектури «SubClass Graph» «Class Аналіз Попиту» категорії «FORMS-class» інформаційної техно-

логії моніторингу попиту представлено за допомогою діаграми класів (рис. 3), яка є складовою частиною діаграми прецедентів. За основу взято п'ять основних класів, необхідних для візуалізації взаємозв'язків між розрахунковими компонентами блоку аналізу ДГП інформаційної системи та пов'язаних між собою певним типом агрегації.

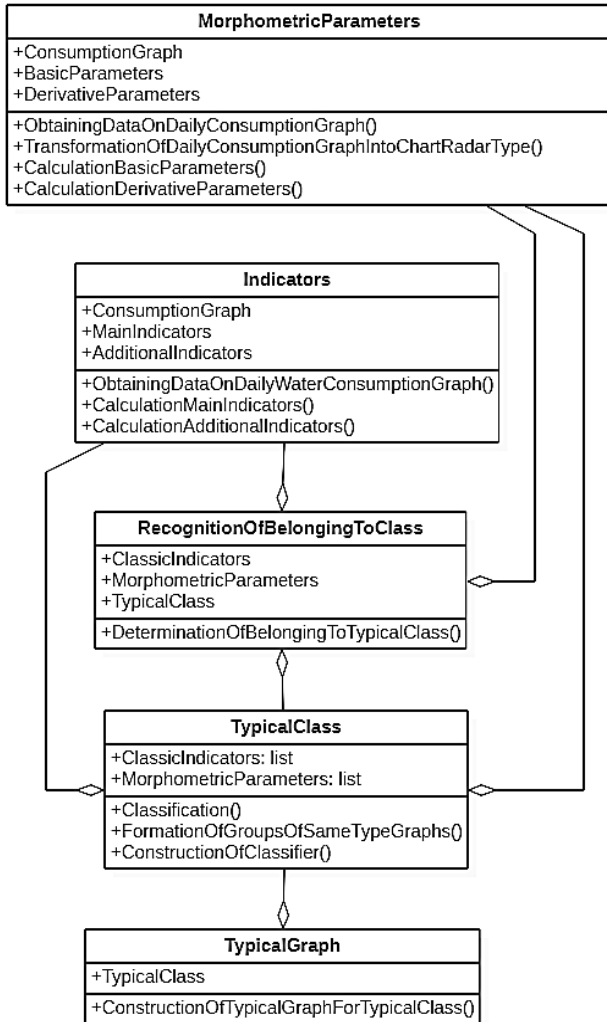


Рисунок 3 – Діаграма класів прототипу інформаційної системи

Клас “*Classic Indicators*” (Класичні показники) містить атрибути: ConsumptionGraph (ДГП); Indicators (показники, що характеризують попит).

В даному класі реалізовано: Obtaining Data On Daily Consumption Graph (отримання даних про ДГП); Calculation Indicators (обчислення показників, що характеризують попит).

Клас “*Morphometric Parameters*” (Морфометричні параметри) містить наступні атрибути: Consumption Graph (ДГП); Basic Parameters (базові параметри); Derivative Parameters (похідні параметри). В даному класі реалізовано:

Obtaining Data One Daily Consumption Graph (отримання даних про ДГП); Transformation Of Daily Consumption Graph Into Chart Radar Type (трансформація ДГП в діаграму радарного типу); Calculation Basic Parameters (обчислення базових параметрів); Calculation Derivative Parameters (обчислення похідних параметрів).

Клас “*Typical Class*” (Типовий клас) містить: список екземплярів класу “*Indicators*” (показники, що характеризують попит); список екземплярів класу “*Morphometric Parameters*” (Морфометричні параметри). В даному класі реалізовано: Classification (класифікація); Formation Of Groups Of Same Type Graphs (формування груп однотипних графіків); Construction Of Classifier (побудова класифікатора).

Клас “*Typical Graph*” (Типовий графік) містить екземпляр класу “*Typical Class*” (Типовий клас). В даному класі реалізовано: Construction Of Typical Graph For Typical Class (побудова типового графіка для типового класу).

Клас “*Recognition Of Belonging To Class*” (Розпізнавання належності до класу) містить: екземпляр класу “*Indicators*” (показники, що характеризують попит); екземпляр класу “*Morphometric Parameters*” (Морфометричні параметри); екземпляр класу “*Typical Class*” (Типовий клас). В даному класі реалізовано: Determination Of Belonging To Typical Class (визначення належності до типового класу).

ВИСНОВКИ. Система моніторингу ефективності функціонування ІТС є інструментом інформаційного забезпечення процесу планування режимів роботи об'єктів ІТС та прийняття рішень щодо управління ними. Забезпечення ефективного управління ІТС міської інфраструктури вимагає аналізу динаміки попиту в ІТС, що передбачає виявлення прихованих закономірностей у його формуванні. Методологічною основою прототипу інформаційної технології моніторингу попиту є ідентифікація із застосуванням теорії розпізнавання образів циклічних змін попиту, зумовлених впливом сезонних та соціальних чинників. Виконана з позицій об'єктно-орієнтованого підходу формалізація інформаційної технології моніторингу попиту має блочну структуру архітектури, яка передбачає можливість додавання нових розрахункових та контрольних процедур, що забезпечує можливість розширення функцій моніторингу та їх інтеграції в інформаційну систему моніторингу ефективності функціонування ІТС міської інфраструктури для підвищення якості прийняття рішень щодо управління режи-

мами роботи об'єктів з урахуванням фактичних умов їх роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України «Перелік секторів (підсекторів), основних послуг критичної інфраструктури держави» від 9 жовтня 2020 р. № 1109. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>. (дата звернення: 20.12.2021 р.).
2. European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency*. Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2008. URL: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html> (дата звернення: 20.12.2021 р.).
3. Directive (EU) 2018/2002 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union*. 2018. L 328. Pp. 210–230. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1581497905598&uri=CELEX:32019L0944> (дата звернення: 30.12.2021 р.).
4. Шевченко І. В., Куделина К. А. Разработка моделей решения функциональных задач оперативно-диспетчерского управления процессами производственного участка механосборочного производства. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2011. Вип. 4/2011 (69). С. 32–37.
5. Борукаев З. Х., Евдокимов В. Ф., Остапченко К. Б. Информационно-аналитическая система мониторинга оптового рынка электроэнергии. *Моделирование и информационные технологии*. 2002. Вып. № 14. С. 3–13.
6. Korobiichuk I., Davydenko L., Davydenko V., Davydenko N. Information support the operative control procedures of energy efficiency of operation modes of municipal water supply system facilities. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 920. Pp. 571–582.
7. Плешков П. Г., Гарасьева Н. Ю., Величко Т. В. Побудова системи автоматизованого управління і моніторинга енергетичних параметрів насосної станції. *Наукові записки*. 2010. Вип. 10. С. 123–126.
8. Романчук С. М. Направления развития городских АСУ ТП водоснабжения и водоотведения. *Наукові праці Донець. нац. ун-т. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка»*. 2014. № 1 (19). С. 131–138.
9. Pakanen J. E., Möttönen V. J., Huutinen M. J., Ruonansuu H. A., Törmäkangas K. K. A Web-Based Information System For Diagnosing, Servicing And Operating Heating Systems. *The Journal of Information Technology in Construction*. 2001. № 6. Pp. 45–56.
10. Медиковський М., Цмоць І., Подольський М. Обґрунтування принципів побудови та розроблення узагальненої архітектури інформаційно-аналітичної системи для оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки регіону. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. 2013. № 751. С. 40–51.
11. Згуровський М. З., Бідюк П. І., Терентьев О. М. Системна методика побудови БМ. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2007. № 4. С. 47–61.
12. Davydenko N., Korobiichuk I., Davydenko L., Nowicki M., Davydenko V. Identification of cyclic changes in the operation mode of the production facility based on the monitoring data. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 1044. Pp. 189–197.
13. Meo I., Papetti A., Gregori F., Germani M. Optimization of energy efficiency of a production site: a method to support data acquisition for effective action plans. *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 11. Pp. 760–767.
14. Галушка І. М., Зінченко Г. Є., Краскевич В. Є., Щербак С. С. Технології розробки адаптивних систем підтримки прийняття рішень. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 1/2016 (96). С. 36–42.
15. Колесов Ю. Б. Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГПУ, 2004. 240 с.

FORMALIZATION AND DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR MONITORING THE FUNCTIONING OF URBAN ENGINEERING NETWORKS

Nina Davydenko

Candidate of Technical Sciences,

Senior Lecturer at the Department of Computer Sciences

Lutsk National Technical University, 75 Lvivska str., Lutsk, Ukraine, 43000;

ORCID: 0000-0002-9722-745X

Valeriy Lishchyna

Candidate of Technical Sciences,

Head of the Department of Computer Sciences

Lutsk National Technical University, 75 Lvivska str., Lutsk, Ukraine, 43000;

ORCID: 0000-0002-2371-3850

Serhii Kunytskyi

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher at the Research Department

National University of Water Management and Nature Management, 11 Soborna str., Rivne, Ukraine, 33000;

ORCID: 0000-0003-0318-6149

Purpose. Development of a prototype of an information system for monitoring the demand for a service in the city infrastructure system. **Methodology.** The object-oriented approach was used to formalize the monitoring technology. Unified modeling language was used to design a prototype of information technology monitoring. **Results.** The architecture of information technology of demand monitoring was offered. It has a block structure and contains three categories of classes, which contain procedures for obtaining input information, computational procedures, and control procedures. A use case diagram was constructed to describe the functionality and behavior of the information technology architecture element. Visualization of relationships between the calculation components of the monitoring data analysis unit to identify regularities in the formation of demand profiles was presented using a class diagram. It contains five classes, interconnected by a certain type of aggregation. **Originality.** The architecture of the demand monitoring information system based on the analysis and classification of demand profiles for the service was proposed. **Practical value.** The integration of the developed prototype into the information system for monitoring the functioning of urban systems will identify changes in the actual operation conditions of their facilities. This will increase the efficiency of decision-making on the management of the operation modes of facilities. **Conclusions.** Implementation of information technology of demand analysis and identification of its cyclical changes due to the influence of external factors will help improve the information support of the process of managing the operation modes of facilities and planning effective modes of their work taking into account the actual operation conditions. The block structure of the proposed information monitoring technology provides for the possibility of adding new calculation and control procedures, which provides the opportunity to expand the monitoring functions and their integration into the information system for monitoring the functioning of the urban infrastructure system. References 15, figures 3.

Key words: demand monitoring, demand profile, prototype of information technology, unified modeling language, use case diagram, class diagram.

REFERENCES

1. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy "Perelik sektoriv (pidsektoriv), osnovnykh posluh krytychnoi infrastruktury derzhavy" vid 9 zhovtnia 2020 r. № 1109 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "List of sectors (subsectors), basic services of critical infrastructure of the state" of October 9, 2020 № 1109]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1109-2020-п#Text> (Accessed: 20.12.2021 p.). [in Ukrainian]
2. European Commission. (2008). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau. URL: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html> (Accessed: 20.12.2021 p.).
3. Directive (EU) 2018/2002 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. L 328, pp. 210–230. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1581497905598&uri=CELEX:32019L0944> (Accessed: 30.12.2021 p.).
4. Shevchenko, I. V., Kudelina, K. A. (2011). Razrabotka modelei resheniia funktsionalnykh zadach operativno-dispatcherskogo upravliniia protsesami proizvodstvennogo uchastka mekhanosborochnogo proizvodstva [Development of models for solving functional problems of operational dispatch control of the processes of the production site of mechanical assembly production]. Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy State University. Vol. 4 (69), pp. 32–37. [in Russian]
5. Borukaev, Z. Kh., Yevdokimov, V. F., Ostapchenko, K. B. (2002). Informatsyonno-analiticheskaia sistema monitoringa optovogo rynka elektroenergii [Information and analytical system for monitoring the wholesale electricity market]. Modeling and information technology. Vol. 14, pp. 3–13. [in Russian]
6. Korobiichuk, I., Davydenko, L., Davydenko, V., Davydenko, N. (2020). Information support the operative control procedures of energy efficiency of operation modes of municipal water supply system facilities. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 920, pp. 571–582.
7. Plieshkov, P. G., Garasova, N. Yu., Velichko, T. V. (2010). Pobudova systemy avtomatyzovanoho upravlinnia i monitorynha enerhetychnykh parametriv nasosnoi stantsii [Construction of a system of automated control and monitoring of energy parameters of the pumping station]. Scientific notes. Vol. 10. P. 2, pp. 123–126. [in Ukrainian]
8. Romanchuk, S. M. (2014). Napravleniia razvitiia gorodskikh ASU TP vodosnabzheniia I vodootvedeniia [Directions for the development of urban ICSs for water supply and sanitation]. Scientific papers of Donetsk National Technical University. Series "Informatics, Cybernetics and Computer Science". Vol. 1 (19), pp. 131–138. [in Russian]
9. Pakanen, J. E., Möttönen, V. J., Hyytinen, M. J., Ruonansuu, H. A., Törmäkangas, K. K. (2001). A Web-Based Information System For Diagnosing, Servicing And

Operating Heating Systems. The Journal of Information Technology in Construction. Vol. 6, pp. 45–56.

10. Medykovskyi, M., Tsmots, I., Podolskyi, M. (2013). Obgruntuvannia pryntsyviv pobudovy ta rozroblennia uzahalnoi arkhitektury informatsiino-analitychnoi systemy dlia otsiniuvannia, prohnozyvannia ta upravlinnia enerhoefektyvnosti ekonomiky rehionu [Substantiation of the principles of construction and development of a generalized architecture of information and analytical system for assessing, forecasting and managing energy efficiency of the region's economy]. Transactions of the National University "Lviv Polytechnic". Series "Computer Science and Information Technology". Vol. 751, pp. 40–51. [in Ukrainian]

11. Zghurovskyi, M. Z., Bidiuk, P. I., Terentiev, O. M. (2007). Systemna metodyka pobudovy BM [System methodology of BM construction]. KPI Science News. Vol. 4, pp. 47–61. [in Ukrainian]

12. Davydenko, N., Korobiichuk, I., Davydenko, L., Nowicki, M., Davydenko, V. (2020) Identification of cyclic

changes in the operation mode of the production facility based on the monitoring data. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 1044, pp. 189–197.

13. Meo, I., Papetti, A., Gregori, F., Germani, M. (2017). Optimization of energy efficiency of a production site: a method to support data acquisition for effective action plans. Procedia Manufacturing. Vol. 11, pp. 760–767.

14. Halushka, I. M., Zinchenko, H. Ye., Kraskevych, V. Ye., Shcherbak, S. S. (2016). Technologii rozrobky adaptivnykh system pidtrymky pryiniattia rishchen [Technologies for developing adaptive decision support systems]. Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi State University, Vol. 1 (96), pp. 36–42. [in Ukrainian]

15. Kolesov, Yu. B. (2004). Ob'ektno-orientirovannoe modelirovanie slozhnykh dinamicheskikh sistem [Object-oriented modeling of complex dynamic systems]. St. Petersburg : SPbPU Publishing House, 240 p. [in Russian]

Стаття надійшла 01.03.2022