

## ЗАДАЧА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВОГО ІОТ

Федоряцька Н.І.<sup>1</sup> [ORCID], Клим В.Ю.<sup>2</sup> [ORCID]

<sup>1</sup>ДНУ імені Олесь Гончара, аспірантка, Україна

<sup>2</sup>ДНУ імені Олесь Гончара, к.т.н., доцент, Україна

**Анотація.** В даній роботі розглянуто Промисловий Інтернет речей, його особливості, пов'язані з великим об'ємом даних, що генеруються сенсорами промислового обладнання. Особливу увагу приділено надійності системи передачі оперативної інформації, яка значною мірою залежить від пропускну здатності мережі та стабільності інтернет-з'єднання. Розглядаються периферійні обчислення (edge computing), локальна обробка даних, економія мережевих ресурсів, скорочення часу передачі інформації, а також можливість обробки даних в автономному режимі. Це дозволяє зменшити затримку обчислень, підвищити надійність і безпеку та оптимізувати потоки даних. Запропоновано периферійний модуль обробки даних методами математичної статистики для визначення надійності обладнання ІоТ шляхом перевірки відповідності даних закону експоненціального розподілу за допомогою критеріїв, що не потребують значних обчислювальних потужностей.

**Ключові слова:** Інтернет речей, ІоТ, непараметрична статистика, периферійні обчислення, надійність, експоненціальний розподіл, критерії перевірки

Широке використання технології Інтернету речей (ІоТ) в багатьох галузях спричинило виникнення нових задач з проектування, застосування, експлуатації та безпеки різних технічних систем. ІоТ надає багато переваг, таких як автоматизація процесів, оптимізація роботи, зменшення витрат та покращення ефективності [1]. Згідно з рекомендаціями сектора стандартизації телекомунікацій МСЕ-Т (У.2060) Інтернет речей визначається як глобальна інфраструктура інформаційного суспільства, що забезпечує функціонування передових послуг шляхом об'єднання фізичних і віртуальних об'єктів за допомогою сумісних технологій інформації та зв'язку [2]. Успішне застосування цієї технології проявило себе у таких галузях, як виробництво, транспорт, сільське господарство, медицина, ІТ-індустрія та багато інших.

Одним з найбільших сегментів Інтернету речей є Промисловий Інтернет речей (IIoT), завдяки великій кількості підключених пристроїв, значній корисності для виробництва та автоматизації підприємств. Промисловий IIoT об'єднує в собі операційні та інформаційні технології, що забезпечує з одного боку оцінку часу безвідмовної роботи, надійності, довговічності, продуктивності, збору даних та адекватного реагування системи в режимі реального часу, з другого боку – спрямована на безпеку, сервіси та надання даних. Для забезпечення діагностики та обслуговування складних технічних систем, використання IIoT в виробництві та промисловості для комплексного моніторингу великої кількості технологічного обладнання, стає дуже важливою задачею [1].

Промисловий IIoT використовує хмарні обчислення, що засновані на принципах швидкості та масштабування. Але недоліком хмарних сервісів, по-перше, є досить значна затримка відгуку системи, через віддаленість серверів та мережевих каналів для передачі і обробки даних. По-друге, обмежена пропускна здатність мережі, оскільки щосекунди IIoT-пристрої генерують велику кількість даних, яка в реальному часі потрапляє на віддалені сервіси, що призводить до значних затримок у часі для її обробки та отримання результатів. По-третє, надійність системи передачі оперативної інформації для прийняття швидких рішень залежить від наявності стабільного інтернету.

Периферія Інтернету речей (edge computing) – це один з методів обчислень на периферії мережі, поряд із пристроями, що генерують дані. Периферійні обчислення спрямовані на локальну обробку даних, що дозволяє економити мережеві ресурси і розподіляти виробничі потужності, уникаючи перевантаження хмарних мереж [3]. Тобто цей метод спрямований скоротити час передачі інформації на хмари та отримання результату обробки від них. Схема edge computing [4] наведена на рис. 1.

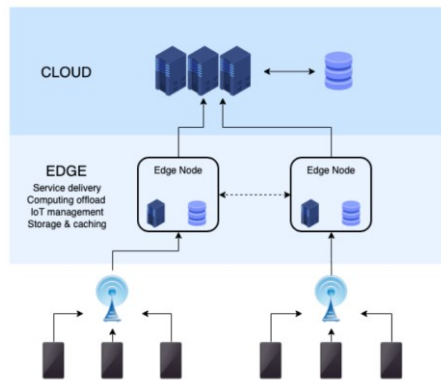


Рисунок 1 – Інфраструктура периферійних обчислень

Застосування периферійних обчислень надає наступні переваги ІоТ:

1. надійність обробки даних при можливих відключеннях від інтернету;
2. висока швидкість обчислень при мінімальній затримці;
3. підвищення безпеки за рахунок локального застосування, без передачі даних у хмарні сервіси;
4. економія витрат, завдяки значній оптимізації потоку даних.

Метою даної роботи є розвиток системи управління периферійних обчислень в промисловому ІоТ речей із застосуванням критеріїв математичної статистики для контролю надійності та довговічності промислового обладнання.

Оскільки значна частина збору та обробки даних відбувається на місці, то виникає необхідність у використанні надійного та потужного обладнання для проведення периферійних обчислень [4].

Як відомо, надійність технічних систем – це властивість зберігати в часі у визначених межах значення усіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування [5]. Працездатний стан технічної системи означає функціонування із забезпеченням параметрів якості. Вихід параметра за межі означає відмову. Раптові відмови відносяться до категорії випадкових подій і є наслідком прихованих порушень технології виробництва або прихованих змін у процесі експлуатації пристроїв. Наробіток на відмову – це випадкова величина, яку можна прогнозувати методами теорії ймовірності. Таким чином, за наявності ряду вимірювань визначальних параметрів надійності необхідно визначити

функцію їх розподілу для подальшої коректної обробки даних і прийняття рішення. Зазвичай, для оцінки параметрів надійності залучають нейромережі, що призводить до збільшення витрат на обчислювальні ресурси [6].

Для параметрів надійності характерний експоненціальний закон розподілу [7]. Непараметрична математична статистика пропонує досить багато критеріїв для перевірки вимірювань на експоненціальність. В роботі було обрано та проаналізовано наступні критерії для невеликих вибірок ( $n=10;15;20;25;30$ ): критерій Лоулеса, Бартлета-Морана, Шермана, Грінвуда та Манна-Фертіга-Шуера. Шляхом імітаційного моделювання чотирьох різних законів розподілу: гамма-, Релея, Вейбула та експоненціального, було проведено обчислювальні експерименти. Виявлена здатність цих критеріїв визначати саме експоненціальний розподіл для невеликих вибірок серед інших наданих функцій розподілу, а саме нормального, гамма-, логістичного розподілу. Крім того, обрані критерії досить добре працюють при заданій довірчій ймовірності  $P=0,95$ .

В роботі запропоновано окремий периферійний модуль (рис. 2) в ІІТ, в якому обробка даних з датчиків для перевірки належності параметрів системи до експоненціального розподілу виконується за допомогою методів математичної статистики через критерії непараметричної статистики.

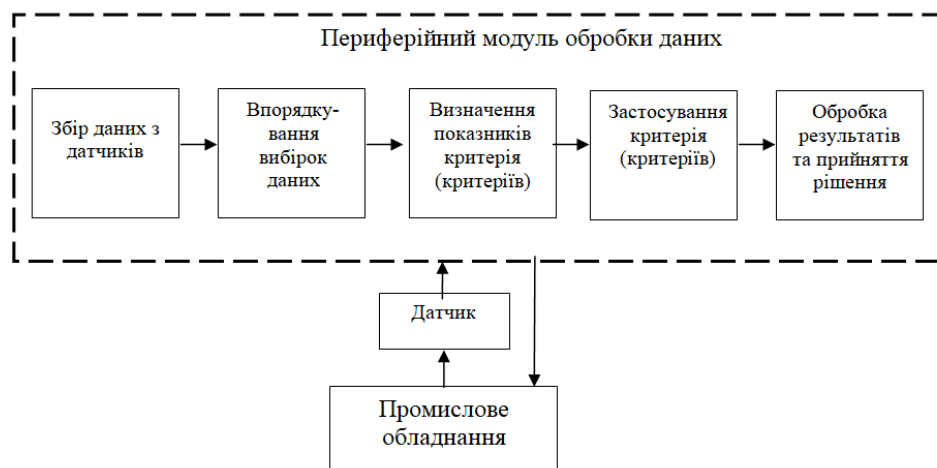


Рисунок 2 – Периферійний модуль обробки даних

Запропонований периферійний модуль обробки даних має здатність перевірити приналежність даних, отриманих з датчиків, до експоненціального розподілу. Запропонований метод базується на обробці коротких вибірок

даних (n=10, 15, 20, 25, 30) із застосуванням критеріїв, які не потребують значних обчислювальних потужностей, є ефективними у визначенні експоненціальності, що значно впливає на швидкість обробки та отримання результатів. Це дозволяє більш об'єктивно прогнозувати надійну роботу датчиків та обладнання в цілому.

### **Висновки**

У роботі показана актуальність задачі використання периферійних обчислень в промисловому Інтернеті речей.

Проведено аналіз існуючих методів математичної статистики для обробки параметрів надійності як основних показників працездатного стану складної технічної системи.

В роботі вперше запропоновано розвиток системи управління периферійних обчислень в промисловому IoT речей із застосуванням критеріїв математичної статистики для моніторингу параметрів надійності та довговічності складного промислового обладнання.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Технології інтернету речей. Навчальний посібник [Електронний ресурс]. КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ. – 2021. – 271 с.
2. Електронний ресурс: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=y.2060>
3. Електронний ресурс: <https://it-solutions.ua/blog/trendy-v-it-infrastrukturi-na-2025-rik/#:~:text=Edge%20Computing>
4. Бученко І.А., Лащевська Н.О. Роль периферійних обчислень (edge computing) в комп'ютерних мережах. Зв'язок. – 2025. № 1. – С. 23-29. <https://doi.org/10.31673/2412-9070.2025.011762>
5. Веселовська Н.Р., Худолій О.І. Надійність технологічних систем та обґрунтування інженерних рішень. Навчальний посібник. – Вінниця. – 2014. – 123 с.
6. Daphne Jomo. Deep learning-based predictive maintenance for industrial engineering systems. San Francisco State University. – 2025. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.176463769.97486465/v1>
7. Павлюк О.М., Медиковський М.О., Ізонін І.В. Основи теорії надійності технічних систем. Навчальний посібник. – 2021. – 208 с.

## THE TASK OF MONITORING RELIABILITY PARAMETERS IN AN INDUSTRIAL IoT MANAGEMENT SYSTEM

Nadiia Fedoriatska, Viktoriia Klym

**Abstract.** *This paper considers the Industrial Internet of Things, its features associated with a large amount of data generated by sensors of industrial equipment. Particular attention is paid to the reliability of the system for transmitting operational information, which largely depends on the network bandwidth and stability of the Internet connection. Peripheral computing (edge computing), local data processing, saving network resources, reducing information transfer time, as well as the possibility of processing data in offline mode are considered. This allows reducing computing latency, increasing reliability and security, and optimizing data flows. A peripheral data processing module using mathematical statistics methods is proposed to determine the reliability of IIoT equipment by checking the data for compliance with the law of exponential distribution using criteria that do not require significant computing power.*

**Keywords:** *Internet of Things, IIoT, nonparametric statistics, edge computing, exponential distribution, verification criteria*

### REFERENCE

1. Gurakovskiy B.U., Zeniv I.O. Tehnologii internetu rechet. Navchalniy posibnik [Elektroniy resurs]. KPI im. Igoria Sikors`kogo. – Kyiv. – 2021 – 271 s. [in Ukrainian]
2. Elektroniy resurs: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=y.2060>
3. Elektroniy resurs: <https://it-solutions.ua/blog/trendy-v-it-infrastrukturi-na-2025-rik/#:~:text=Edge%20Computing> [in Ukrainian]
4. Buhenko I.A., Lashevskaya N.O. Rol` periferiynih obchislen` (edge computing) v komputernih meregah. Zv`iazok. – 2025. No 1. S. 23-29. <https://doi.org/10.31673/2412-9070.2025.011762> [in Ukrainian]
5. Veselovska N.R., Hudolii O.I. Nadiynist` tehnologichnih system ta obguntuvannia ingenernih rishen`. Navchalniy posibnik. – Vinnica. – 2014. – 123s. [in Ukrainian]
6. Daphne Jomo. Deep learning-based predictive maintenance for industrial engineering systems. San Francisco State University. – 2025. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.176463769.97486465/v1>
7. Pavlyuk O.M., Medykova M.O., Izonin I.V. Osnovy teorii nadiynosti tehnychnykh system. Navchalniy posibnik. – 2021. – 208 c. [in Ukrainian]