

УДК 004.9, 004.428.4

Н.О. СОКОЛОВА, А.С. БЕЛОВ
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІОТ-СИСТЕМИ НА АПАРАТНІЙ ПЛАТФОРМІ ARDUINO

Ринок ІоТ-систем швидко та бурхливо розвивається та складає мільярди доларів. Інтернет речей охоплює всі сфери діяльності людини від розумних невеличких гаджетів до розумних міст, концепція яких реалізована а державному рівні. Інтернет речей, або «ІоТ» – це розширення потужності Інтернету за межами комп'ютерів та смартфонів на цілий ряд інших речей, процесів та середовищ. За останні кілька років ІоТ став однією з найважливіших технологій 21 століття. За допомогою недорогих обчислень, хмарних технологій, великих даних, аналітики та мобільних технологій фізичні речі можуть обмінюватися та збирати дані з мінімальним втручанням людини. У цьому гіперпов'язаному світі цифрові системи можуть записувати, контролювати та регулювати кожну взаємодію між підключеними речами. Фізичний світ відповідає цифровому світу, і вони співпрацюють.

Враховуючи постійно зростаючу кількість підключених пристроїв, ІоТ продовжує свій шлях еволюції, додаючи різні шари до даних, які вже обмінюються та обробляються, і створюючи складні алгоритми, що призводять до поліпшення рівня автоматизації. І завдяки різноманітності «речей», які можна з цим пов'язати, ІоТ дозволив використовувати різноманітні програми як для окремих користувачів, так і для цілих галузей.

ІоТ в Україні тільки на самому початку шляху і це відкриває простір для створення різноманітних систем з різним призначенням та апаратним наповненням. Дана стаття присвячена огляду стану ІоТ в світі та Україні та опису розробленої ІоТ-системи з використанням апаратної платформи Arduino, сервісу ThingsSpeak та інтерфейсної частини з використанням Telegram-бота. Система була протестована з реалізацією розумного робочого місця з моніторингом показників температури повітря, вологості повітря, кількості вуглецевого газу, яскравості освітлення, атмосферного тиску, своєчасного повідомлення користувача про критичну зміну показників мікроклімату з метою усунення дискомфорту та підвищенню працездатності людини. Тестування також було проведено після певної доробки для системи віддаленого моніторингу мікроклімату столярної майстерні. Тестування показало, що після невеличкої доробки система може використовуватися у різних предметних областях та є дуже економічною.

Ключові слова: ІоТ, Arduino; ІоТ-система; розумне робоче місце; Telegram-бот; розумний будинок; мікроконтролер.

Н.О. СОКОЛОВА, А.С. БЕЛОВ
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ІОТ-СИСТЕМЫ НА АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

Рынок ІоТ-систем быстро и бурно развивается и составляет миллиарды долларов. Интернет вещей охватывает все сферы деятельности человека от разумных небольших гаджетов до разумных городов, концепция которых реализована а государственном уровне. Интернет вещей, или «ІоТ» – это расширение мощности Интернета за пределами компьютеров и смартфонов на целый ряд других вещей,

процессов и сред. За последние несколько лет IoT стал одной из важнейших технологий 21 века. С помощью недорогих вычислений, облачных технологий, больших данных, аналитики и мобильных технологий физические вещи могут обмениваться и собирать данные с минимальным вмешательством человека. В этом гиперсвязанном мире цифровые системы могут записывать, контролировать и регулировать каждое взаимодействие между подключенными вещами. Физический мир соответствует цифровому миру, и они сотрудничают.

Учитывая постоянно растущее количество подключенных устройств, IoT продолжает свой путь эволюции, добавляя различные слои к данным, которые уже обмениваются и обрабатываются, и создавая сложные алгоритмы, приводящие к улучшению уровня автоматизации. И благодаря разнообразию «вещей», которые можно с этим связать, IoT позволил использовать различные программы как для отдельных пользователей, так и для целых отраслей.

IoT в Украине только в самом начале пути и открывает пространство для создания различных систем с разным назначением и аппаратным наполнением. Данная статья посвящена обзору состояния IoT в мире и Украине и описания разработанной IoT-системы с использованием аппаратной платформы Arduino, сервиса ThingsSpeak и интерфейсной части с использованием Telegram-бота. Система была протестирована с реализацией разумного рабочего места с мониторингом показателей температуры воздуха, влажности воздуха, количества углекислого газа, яркости, атмосферного давления, своевременного сообщения о критическом изменении показателей микроклимата в целях устранения дискомфорта и повышения работоспособности человека. Тестирование также было проведено, после определенной доработки, для системы удаленного мониторинга микроклимата столярной мастерской. Тестирование показало, что после небольшой доработки система может использоваться в различных предметных областях и быть очень экономичной.

Ключевые слова: IoT, Arduino; Ион-система; умное рабочее место; Telegram-бот; умный дом; микроконтроллер.

N.O. SOKOLOVA, A.S. BIELOV
Oles Honchar Dnipro National University

DEVELOPMENT OF IoT-SYSTEM SOFTWARE ON ARDUINO HARDWARE PLATFORM

The IoT market is growing rapidly and is in the billions of dollars. The Internet of Things covers all areas of human activity from smart small gadgets to smart cities, the concept of which is implemented at the state level. The Internet of Things, or «IoT», is the extension of the power of the Internet beyond computers and smartphones to a number of other things, processes, and environments. Over the past few years, IoT has become one of the most important technologies of the 21st century. With low-cost computing, cloud technology, big data, analytics and mobile technology, physical things can share and collect data with minimal human intervention. In this hyperconnected world, digital systems can record, monitor and regulate every interaction between connected things. The physical world corresponds to the digital world, and they cooperate.

Given the ever-increasing number of connected devices, IoT continues its evolution by adding different layers to data that is already being exchanged and processed, and creating sophisticated algorithms that improve automation. And thanks to the variety of "things" that can be associated with it, IoT has made it possible to use a variety of applications for both individual users and entire industries.

IoT in Ukraine is just at the beginning of the road and this opens space for the creation of various systems with different purposes and hardware. This article is devoted to an overview of the state of IoT in the world and Ukraine and a description of the developed IoT system using the Arduino hardware platform, the ThingsSpeak service and the interface using the Telegram bot. The system was tested with the implementation of a smart workplace with monitoring of air temperature, humidity, carbon dioxide, lighting brightness, atmospheric pressure, timely user notification of critical changes in microclimate to eliminate discomfort and improve human performance. Testing was also carried out after some refinement for the remote monitoring system of the carpenter's microclimate. Testing has shown that after a little refinement, the system can be used in various subject areas and is very economical.

Keywords: IoT, Arduino, IoT-system; smart workplace; Telegram bot; smart house; microcontroller.

Постановка проблеми

Інтернет речей має можливість кардинально змінити спосіб взаємодії з оточенням. Можливість електронного моніторингу та керування об'єктами у фізичному світі дозволяє наблизити прийняття рішень до даних у нові сфери людської діяльності – оптимізувати ефективність систем та процесів, заощадити час для людей та підприємств та покращити якість життя. Від машин для моніторингу на заводській підлозі до відстеження ходу суден у морі, сенсори можуть допомогти компаніям отримати набагато більше своїх фізичних цінностей, покращуючи продуктивність машин, продовжуючи їх життя та дізнавшись, як їх можна переробити, щоб зробити ще більше. Завдяки портативним носіям та моніторам Інтернет речей має потенціал для значного покращення результатів у різних сферах людської діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Інтернет речей (англ. Internet of Things, IoT) – це концепція мережі із взаємозв'язаних фізичних пристроїв, які мають вбудовані сенсори та виконавчі пристрої, а також програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати передачу і обмін даними між фізичним світом і комп'ютерними системами в автоматичному режимі, за допомогою використання стандартних протоколів зв'язку. Така концепція дозволяє виключити необхідність участі людини, за рахунок використання інтелектуальних інтерфейсів [1]. Вона перетворює звичні речі у нові пристрої, від розумних годинників до розумних міст. Сфера IoT – один із головних світових трендів, її вважають рушієм четвертої індустріальної революції, яка зараз триває у світі. За оцінками глобального інституту МакКінсі Інтернет речей має загальний потенціал економічного впливу від 3,9 трлн. до 11,1 трлн. доларів на рік (близько 11 відсотків світової економіки) у 2025 р [2].

IoT активно формує як індустріальний, так і споживчий світи. Розумні технології знаходять свій шлях до кожної сфери бізнесу та споживача – від роздрібною торгівлі до охорони здоров'я, від фінансів до логістики [3]. На даний момент шалене різноманіття з 21 мільярдів пов'язаних «речей» збирає дані та виконує всілякі завдання [4]. IoT знаходиться в безперервному стані еволюції, кожного року визначаються новітні тренди та тенденції IoT [5–6]. Трендами 2020 року в IoT є штучний інтелект, технологія блокчейн, IoT в галузі охорони здоров'я, персоналізація роздрібною торгівлі, прогнозне обслуговування, хмарні обчислення [7]. В умовах пандемії та глобального карантину на перший план виходять системи дистанційного моніторингу стану здоров'я людини [8].

В світі є приклади державних стратегій «розумного» міста, які мають успіхи у реалізації. Так, стратегія «Смарт-Дубай 2021» надає більше 1000 сервісів двома

десятками державних департаментів та партнерами приватного сектора, які є відповіддю на сучасні виклики і зміни міста. [9].

У Фінляндії розроблена на 2014-2020 роки стратегія «Відкриті та розумні послуги – Six City» [10], до якої залучені найбільші міста-муніципалітети Фінляндії: Гельсінкі, Еспоо, Вантаа, Тампере, Турку і Оулу, де проживає близько 30% населення. Стратегія має три основних напрямки: відкриті інноваційні платформи; відкриті дані та інтерфейси; іідкрита участь в управлінні.

Ринок IoT в Україні ще у початковому стані. За даними liga.net [11] на початку 2019 року тільки 2% постачальників використовували IoT, а 51% взагалі про нього нічого не знали. У 2017-му оператор мобільного зв'язку Lifecell і компанія IoT Ukraine створили першу в Україні спільну лабораторію Інтернету речей. А вже в квітні 2019 року ці фірми розгорнули IoT-мережу в трьох українських містах: Києві, Львові та Кропивницькому [12].

20 лютого 2019 року відбулось засідання Комітету Інтернет асоціації України з питань Інтернету речей, де були намічені ряд конкретних кроків з популяризації і розвитку в Україні цього ринку [13]. На початку 2020 року мобільні оператори України охопили покриттям IoT такі регіони: Харківська область – агробізнес, контроль вологості і температури ґрунтів; Кропивницький – дистанційний збір показників газу; Чернівці – «розумне» управління відходами, контроль якості повітря в приміщенні, CO, CO₂, задимлення; Львів – дистанційний збір показників електроенергії; Луцьк – дистанційний збір показників води; Київський регіон – дистанційний збір показників води, Smart Parking, моніторинг навколишнього природного середовища, «розумне» освітлення, логістика, агробізнес, контроль вологості і температури ґрунтів, контроль параметрів зберігання харчових продуктів. Пілотні проекти lifecell стартували в Одесі, Луцьку, Івано-Франківську, Києві і Дніпрі. Компанія Vodafone Україна запустила в комерційну експлуатацію NB-IoT-мережу на основі LTE 1800, підвищив тим самим безпеку та якість передачі даних та встановив у домах обладнання – радіомодулів, які передають показники лічильників води [14]. В світі існує багато комерційних IoT платформ [15]. Поруч із крупними платформами існують безкоштовні хмарні сервіси для роботи з IoT-пристроями, такі як ThingSpeak, Xively, Thingful [16].

Мета дослідження

Метою дослідження є розробка IoT-системи, яка здатна після невеличкої доробки працювати з апаратною частиною на платформі Arduino, сенсори якої моніторять певні фізичні характеристики.

Викладення основного матеріалу дослідження

Розроблена IoT-система призначена для отримання даних сенсорів апаратної частини, розробленої на платформі Arduino, та має у своєму складі наступні компоненти: персональний комп'ютер, який через COM-порт опитує сенсори та відправляє їх дані на сервер; сервера обробки, аналізу та візуалізації даних ThingSpeak та інтерфейсної частини спілкування з користувачем – Telegram-бота для обробки усіх запитів від користувача та аналізу зміни показників для нотифікації користувача та пристроїв користувача (рис.1).

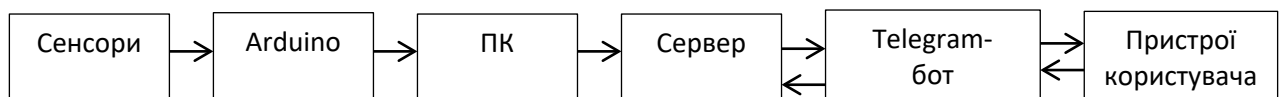


Рис. 1. IoT система.

Програмування мікроконтролерів сімейства Arduino ведеться у безкоштовній середовищі розробки Arduino IDE. Мікроконтролер Arduino зв'язується із комп'ютером через двонаправлений послідовний віртуальний COM-порт згідно з протоколом RS-232. RS-232 (Recommended Standard 232) – це протокол послідовної передачі даних між двома пристроями (інформація передається пакетами по одному байту). Для зчитування даних з цього порта, необхідно знати номер порта, на якому знаходиться сам прилад (Arduino) та параметри швидкості, зазвичай використовуються такі параметри як швидкість у 9600 біт/секунду (бод), та таймаут, який дорівнює 0, тобто порт опитується постійно.

Для створення слухача COM-порту використана високорівнева мова програмування Python. Використовуючи бібліотеку PySerial, яка має готовий механізм роботи з COM портами та готовий функціонал для швидкої розробки, проводимо опитування всіх портів та підключаємось до COM-порта до якого під'єднаний мікроконтролер, і зчитуємо звідти значення з певною частотою (рис.2).

```
Connecting to:COM4
Connecting error! Attempting again...
Connecting to:COM5
Connecting error! Attempting again...
Connecting to:COM6
Connected to: COM6
```

Рис. 2. Пошук програмою потрібного COM порту.

Для колекціонування даних був обраний сервер Things. ThingSpeak™ – це служба платформи аналітики IoT, яка дозволяє агрегувати, візуалізувати та аналізувати потоки даних у хмарі. Також він надає можливість використовувати MATLAB, для аналізу даних IoT та автоматично взаємодіє з користувачем за допомогою сторонніх служб, таких як Twilio® або Twitter® [17].

З метою скорочення кількості процедур передачі даних на сервер відправка даних на сервер здійснюється через однакові проміжки часу. Це виключає ситуації, коли прилад або затримався із отриманням даних від сенсору, а таке можливе із деякими модулями. В код програми опитування COM порту був доданий таймер, який збирає дані протягом 5 хвилин та потім висилає на сервер середнє арифметичне за кожним показником. Таким чином на сервері ми отримуємо дані за 5 хвилин стабільно, без затримок.

У випадку, якщо відправка даних на сервер не була успішною – програма робить одне додаткове коло із опитуванням мікроконтролера та висилає все на сервер. Так буде продовжуватись до тих пір, поки дані нарешті не будуть відправлені, тобто не буде отримано від сервера статус, що дані успішно отримані. За документацією API від ThingSpeak відомо, що у випадку успішно отриманих даних, сервер повертає 1, у випадку помилки – 0. В коді програми для опитування COM порту використовується API ThingSpeak, дані передаються у форматі JSON, який є загальноприйнятим для передачі даних в схожих випадках.

Для отримання даних та нотифікацій користувача використаний месенджер Telegram. Він є одним із найрозповсюдженіших та має вбудовану підтримку «ботів». Основною ідеєю була думка, про можливість користувача отримати дані з будь-якого сенсору системи простими командами в месенджері, де знаходяться усі переписки із колом спілкування. Для людини немає потреби встановлювати окремі програми, заходити на сайти, тощо. Їй потрібно просто почати спілкуватись із конкретним ботом, якого можна знайти по імені в цьому месенджері. Бот виконується постійно і безперервно опитує сервера Telegram чи не отримане нове повідомлення, якщо

отримане – це повідомлення потрапляє до програми бота та далі виконується обробка команди і формування відповіді на цю команду. Перевагами використання Telegram-боту є швидкість, простота та надійність.

IoT-система була протестована на системі розумного робочого місця [17], яке складалося із датчиків температури повітря, вологості повітря, кількості вуглецевого газу, яскравості освітлення, атмосферного тиску. Взаємодія користувача з ботом базується на командах, які користувач отримує від бота як тільки починає бесіду з ним (рис. 3).

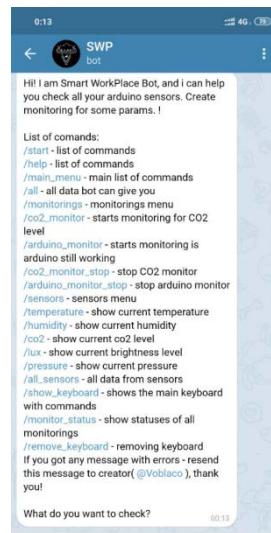


Рис. 3. Команди бота.

Система дозволяє виводити всі параметри системи, або запитувати дані тільки окремих сенсорів (рис. 4). Знак оклику біля значення одного із сенсорів означає що цей параметр знаходиться на межі дозволених значень. Тобто користувачу бажано взяти заходів для покращення саме цього параметра.

Також для перегляду графіків зміни параметрів була створена сторінка, яка використовуючи API сайту ThingsSpeak отримує дані за останню добу та виводить графіки по кожному із сенсорів. (рис. 5).



Рис. 4. Вивід даних по всіх параметрах системи (виконання команди /all).

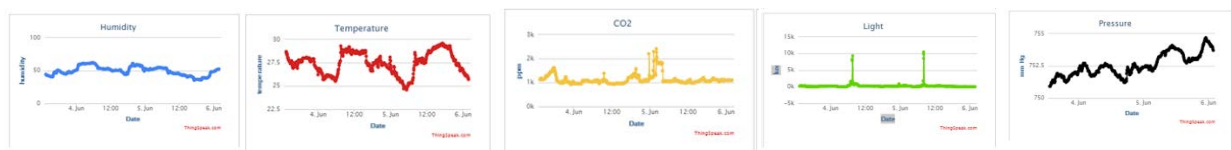


Рис. 5. Графіки змін по усіх сенсорах.

Також дана IoT-система була адаптована та протестована для віддаленого моніторингу мікроклімату столярної майстерні з метою контролю показників вологості та температури при зберіганні цінних порід деревени.

Висновки

Розроблена програмна реалізація IoT-системи на апаратній платформі Arduino, проведено тестування системи для двох різних апаратних реалізацій різного призначення. В подальшому планується адаптація та тестування системи медичного призначення для моніторингу стану здоров'я людини із передачею у разі необхідності даних лікарю.

Список використаної літератури

1. Lake D., Rayes A., Morrow M. The Internet of Things. *The Internet Protocol Journal*. 2012. Vol. 15. № 3. P. 10–19. URL: <https://ipj.dreamhosters.com/wp-content/uploads/issues/2012/ipj15-3.pdf>.
2. The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype. Офіційний сайт McKinsey Global Institute, 2015. URL: [\\$3.9 trillion–11.1 trillion per year in 2025](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/the_internet_of_things_the_value_of_digitizing_the_physical_world)
3. Knorr Eric. The Internet of Things in 2020: More vital than ever. URL: <https://www.networkworld.com/article/3542891/the-internet-of-things-in-2020-more-vital-than-ever.html>
4. Martin Dylan. The 10 Coolest IoT Devices Of 2020 (So Far) URL: <https://www.crn.com/slideshows/internet-of-things/the-10-coolest-iot-devices-of-2020-so-far-1>
5. Banafa Ahmed. Ten Trends of Internet of Things in 2020. URL: <https://www.bbvaopenmind.com/en/technology/digital-world/ten-trends-of-internet-of-things-2020/>.
6. Blanter Alex, Holman Mark. Internet of Things 2020: A Glimpse into the Future. URL: https://aradinfocenter.com/wp-content/uploads/2017/07/A.T.%20Kearney_Internet%20of%20Things%202020%20Presentation_Online.pdf
7. Laura Andrea. 7 Amazing IoT (Internet of Things) Trends To Keep Your Eye On. URL: <https://elearningindustry.com/iot-internet-of-things-trends-2020>
8. Martin Dylan. 5 Important IoT and AR Applications for the COVID-19 Era. URL: <https://www.crn.com/slideshows/internet-of-things/5-important-iot-and-ar-applications-for-the-covid-19-era/1>
9. Smart Dubai 2021. URL: <https://2021.smartdubai.ae/>
10. Six City Strategy (6Aika). URL: <http://6aika.fi/>
11. Ксендик М. В Украине только 2% поставщиков используют интернет вещей. URL: <https://tech.liga.net/technology/novosti/v-ukraine-tolko-2-postavschikov-ispolzuyut-internet-veschey>
12. Бориславский Б., Тракнов Н. Как IoT, AI и Big Data внедряют и используют в Украине: экспертное мнение представителей Vodafone. URL: <https://aiconference.com.ua/ru/news/kak-iot-ai-i-big-data-vnedryayut-i-ispolzuyut-v-ukraine-ekspertnoe-mnenie-predstaviteley-vodafone-98651>
13. Комітет ІНАУ з питань Інтернету речей визначив конкретні кроки з популяризації і розвитку в Україні цього ринку. URL: <https://inau.ua/news/komitet-inau-z-pytan-internetu-rechey-vuznachyv-konkretni-kroky-z-populyaryzaciyi-i-rozvytku-v>
14. Олиярнык М. Медленно и уверенно. Более десятка городов Украины уже подключились к «интернету вещей». URL: <https://ubr.ua/market/telecom/medlenno-i-uverenno-bolee-desyatka-horodov-ukrainy-uzhe-podkljuchilis-k-internetu-veshchej-3890134>

15. Falguni Shah. Microsoft, Amazon & Huawei Lead the Overall IoT Platform Landscape in Completeness; ClearBlade & FogHorn Emerge as Leading Edge-Focused IoT Platforms. URL: <https://www.counterpointresearch.com/microsoft-amazon-clearblade-foghorn-emerge-leading-edge-focused-iot-platforms/>
16. Зубчинський В. В., Терещенко І. К., Шевченко Є. О. Огляд існуючих систем дистанційного контролю пристроїв IoT. *ЗВ'ЯЗОК*. 2019. № 4. С. 56–59
17. Соколова Н. О., Белов А. С. Інформаційна система моніторингу мікроклімату робочого місця. *Вісник ХНТУ*. 2019. № 2(69). Ч. 2. С.250–255.

References

1. Lake, D., Rayes, A., & Morrow, M. (2012). The Internet of Things. *The Internet Protocol Journal*. 15, 3, 10–19. URL: <https://ipj.dreamhosters.com/wp-content/uploads/issues/2012/ipj15-3.pdf>.
2. The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype. Official site of McKinsey Global Institute. Retrieved from: [\\$3.9 trillion–11.1 trillion per year in 2025](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/the_internet_of_things_the_value_of_digitizing_the_physical_world)
3. Knorr, E. (2020). The Internet of Things in 2020: More vital than ever. Retrieved from: <https://www.networkworld.com/article/3542891/the-internet-of-things-in-2020-more-vital-than-ever.html>
4. Martin, D. The 10 Coolest IoT Devices Of 2020 (So Far) Retrieved from: <https://www.crn.com/slide-shows/internet-of-things/the-10-coolest-iot-devices-of-2020-so-far-1>
5. Banafa, A. (2019). Ten Trends of Internet of Things in 2020. 16.12.2019. Retrieved from: <https://www.bbvaopenmind.com/en/technology/digital-world/ten-trends-of-internet-of-things-2020/>.
6. Blanter, A., & Holman M. Internet of Things 2020: A Glimpse into the Future. Retrieved from: https://aradinfocenter.com/wp-content/uploads/2017/07/A.T.%20Kearney_Internet%20of%20Things%202020%20Presentation_Online.pdf
7. Laura, A. (2020). 7 Amazing IoT (Internet of Things) Trends to Keep Your Eye on. Retrieved from: <https://elearningindustry.com/iot-internet-of-things-trends-2020>
8. Martin D. 5 Important IoT and AR Applications for the COVID-19 Era. Retrieved from: <https://www.crn.com/slide-shows/internet-of-things/5-important-iot-and-ar-applications-for-the-covid-19-era/1>
9. Smart Dubai 2021. Retrieved from: <https://2021.smartdubai.ae/>
10. Six City Strategy (6Aika). Retrieved from: <http://6aika.fi/>
11. Ksendzik, M. V. (2019). Ukraine tolko 2% postavschikov ispolzuyut internet vesche. Retrieved from: <https://tech.liga.net/technology/novosti/v-ukraine-tolko-2-postavschikov-ispolzuyut-internet-veschey>
12. Borislavskiy B., & Traknov N. Kak IoT, AI i Big Data vnedryayut i ispolzuyut v Ukraine: ekspertnoe mnenie predstaviteley Vodafone. Retrieved from: <https://aiconference.com.ua/ru/news/kak-iot-ai-i-big-data-vnedryayut-i-ispolzuyut-v-ukraine-ekspertnoe-mnenie-predstaviteley-vodafone-98651>
13. Komitet InAU z pytan Internetu rechei vyznachyv konkretni kroky z populyaryzatsii i rozvytku v Ukraini tsoho rynku. Retrieved from: <https://inau.ua/news/komitet-inau-z-pytan-internetu-rechey-vyznachyv-konkretni-kroky-z-populyaryzatsiyi-i-rozvytku-v>
14. Oliyarnyk, M. Medlenno i uverenno. Bolee desyatka gorodov Ukrainyi uzhe podklyuchilis k «internetu veschey». Retrieved from: <https://ubr.ua/market/telecom/medlenno-i-uverenno-bolee-desyatka-horodov-ukrainy-uzhe-podklyuchilis-k-internetu-veshchey-3890134>

15. Shah F. (2020). Microsoft, Amazon & Huawei Lead the Overall IoT Platform Landscape in Completeness; ClearBlade & FogHorn Emerge as Leading Edge-Focused IoT Platforms. Retrieved from: <https://www.counterpointresearch.com/microsoft-amazon-clearblade-foghorn-emerge-leading-edge-focused-iot-platforms/>
16. Zubchynskiy, V. V., Tereshchenko, I. K., & Shevchenko, Ye. O. (2019). Ohliad isnuichykh system dystantsiinoho kontroliu prystroiv IoT. *ZVIAZOK*. **4**, 56–59.
17. N.O.Sokolova, A.S.Bielov. Informatiina systema monitorynhu mikroklimata robochoho mistia. *Visnyk KhNTU*. **2**(69), Part 2, 250–255.

Соколова Наталя Олегівна – старший викладач кафедри комп’ютерних наук та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, e-mail: n.olegowna@gmail.com ORCID: 0000-0002-2207-1884.

Белов Андрій Сергійович – бакалавр кафедри комп’ютерних наук та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, e-mail: fearess7@gmail.com.