

чергу використовує комп'ютерний зір для розпізнавання, відслідковування планарних зображень. Підходить для розробки маркерної та без маркерної доповненої реальності.

Список літературних джерел

1. Доповнена реальність: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/augmented_reality(дата звернення: 16.11.2021)
2. ARCore: веб-сайт. URL: <https://developers.google.com/ar>(дата звернення: 16.11.2021)
3. ARKit: веб-сайт. URL: <https://developer.apple.com/augmented-reality/>(дата звернення: 16.11.2021)
4. AR Foundation: веб-сайт. URL: <https://unity.com/unity/features/arfoundation>(дата звернення: 16.11.2021)
5. Vuforia developer portal: веб-сайт. URL: <https://developer.vuforia.com/>(дата звернення: 16.11.2021)

УДК 004.042:53.083.8:53.088.4

*Татчук О. М., студентка 4 курсу спеціальності
105 «Прикладна фізика та наноматеріали»
Крижановський В. Г., д.т.н., професор, професор
кафедри інформаційних технологій
Комаров В. Ф., к.т.н., провідний інженер
навчально-практичної лабораторії технологій
інтернету речей кафедри інформаційних
технологій*

ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Задача статистичного контролю систем вимірювання пов'язана з дослідженням випадкових процесів вимірювання фізичних величин. Такого виду задачі виникають в галузях Інтернету речей (IoT), індустрії 4.0 та безпеці інформаційних систем, де потрібно знати, чи нормально працює система, чи немає стороннього втручання в дані, що надходять від сенсорної мережі, і, можливо, ідентифікувати пристрої в мережі за отриманими даними [1].

В роботі проводилося експериментальне дослідження властивостей давачів температури на прикладі дослідної моделі сенсорного вузла IoT [2], що складався з плати Arduino Uno, давачів температури DS18B20 (2 екземпляри) а також давачів температури та вологості двох типів DHT11 (1 екземпляр) та DHT22 (2 екземпляри), підключеного через USB з'єднання до ПК під керуванням ОС Windows 10. Разом одночасно використовувались п'ять давачів температури,

розташованих у на скільки можливо було забезпечити ідентичних умовах завдяки локалізації всіх давачів наближенням один до одного.

Предметом інтересу був аналіз часових рядів (послідовностей) даних від групи різнотипних датчиків однакового призначення, за допомогою якого було б можливо визначити характерні властивості окремих давачів того чи іншого типу, а також виявлення обмеженого набору даних, що дадуть можливість ідентифікації імовірної нештатної ситуації, яка пов'язана зі зміною певних властивостей часової послідовності, що спостерігається. Такі задачі широко постають в галузях Інтернету речей та кіберфізичних системах [3].

Збір інформації від давачів температури забезпечувався (на стороні контролера Arduino) спеціально розробленою за допомогою набору інструментів PlatofmIO та IDE VSCode програмою та також (на стороні комп'ютера) спеціально розробленою у IDE Lazarus програмою Ar5sen. Подальша статистична обробка зібраних одночасно від різних давачів даних виконувалась у програмі AlaVar 5.2.

Роздільна здатність всіх датчиків типу DHT22 і DHT11, що брали участь в дослідженні, становила 0.1 від основної одиниці шкали вимірювання температури, а датчиків DS18B20 – 0.06 та 0.5 для окремих екземплярів 1 та 2 відповідно. Зазначена властивість обмежує високочастотні коливання вихідного сигналу датчиків та обумовлює відмінності у статистичних властивостях накопичених даних, що підтверджується їх обробкою нижче. В таблиці зведені окремі метрологічні характеристики досліджуваних давачів та загальні статистичні властивості отриманих з них даних.

Тип давача	DHT11	DHT22 (AM2302)	DS18B20
Діапазон температур	від 0 до 50°C	від –40 до 80°C	від –55 до 125°C
Похибка (по документації)	+/- 2°C (від 0 до 50°C)	+/- 0.5°C (від –40 до 80°C)	+/- 0.5°C (від –10 до 85°C)
Роздільна здатність (фактична)	0.1°C	0.1°C	0.06°C*, 0.5°C**
Спектральна густина потужності S(f)	1/f ^{2.5}	1/f ^{2.5} *, 1/f ^{2.3} **	1/f ^{2.5} *, 1/f ^{1.9} **
Середнє значення	23.027°C	22.035°C*, 23.134°C**	22.719°C*, 22.656°C**

*) для екземпляра 1; **) для екземпляра 2.

Дисперсія Аллана може бути застосована для обох часових послідовностей температури та вологості [4], проте, оскільки датчики типу DS18B20 (на відміну від DHT11 та DHT22) можуть вимірювати лише температуру, в роботі розглянуті саме температурні залежності.

Для представленого набору даних вибірковий інтервал був встановлений рівним 2.5 секунди. Таким чином, при загальній кількості у 34560 відліків загальний час безперервного потоку даних вимірювань склав 24 години.

Середнє значення температури, що відповідає сукупним даним усіх датчиків за означений період, дорівнює 22.714°C і знаходиться в межах похибок для всіх задіяних датчиків окрім одного екземпляру DHT22, що ймовірно спричинене взаємним розташуванням датчиків відносно повітряних потоків оточуючого середовища під час дослідів.

На рис. 1 представлені часові та частотні характеристики реалізації процесу вимірювання (графіки зміни температури навколишнього середовища датчиків) для двох з п'яти дослідних екземплярів, які безпосередньо та наочно демонструють можливі відмінності у потоці даних, зумовлені метрологічними характеристиками та конкретною реалізацією датчиків.

На графіках можна бачити суттєві відмінності у дискретизації значення вимірюваної величини між двома датчиками.

Менш візуально помітною у даному випадку, але також суттєвою динамічною характеристикою датчиків температури є крутизна фронтів зростання та зменшення значення вимірюваної величини при швидкій зміні температури, яка визначається масивністю датчика та іншими фізичними або технічними властивостями.

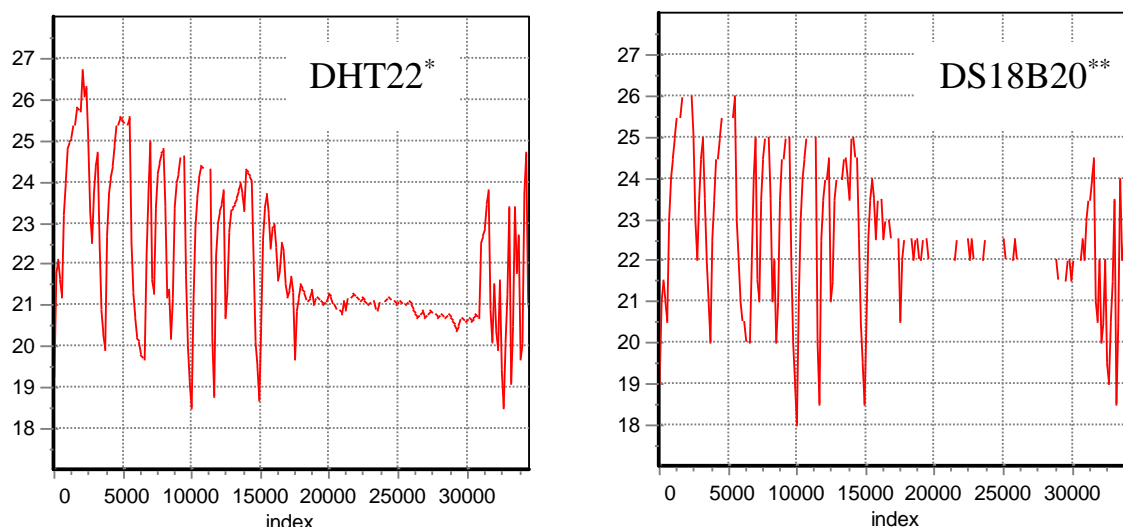


Рис. 1. Вхідний потік даних датчика температури

Як і раніше в [2] аналіз спектрального складу потоків даних від різних датчиків температури, що представлений на рис. 2, свідчить про відповідність їх характеру шуму типу випадкових блукань (Random Walk FM). Лінії на графіках відповідають функціям спектральної густини, що наведені в таблиці.

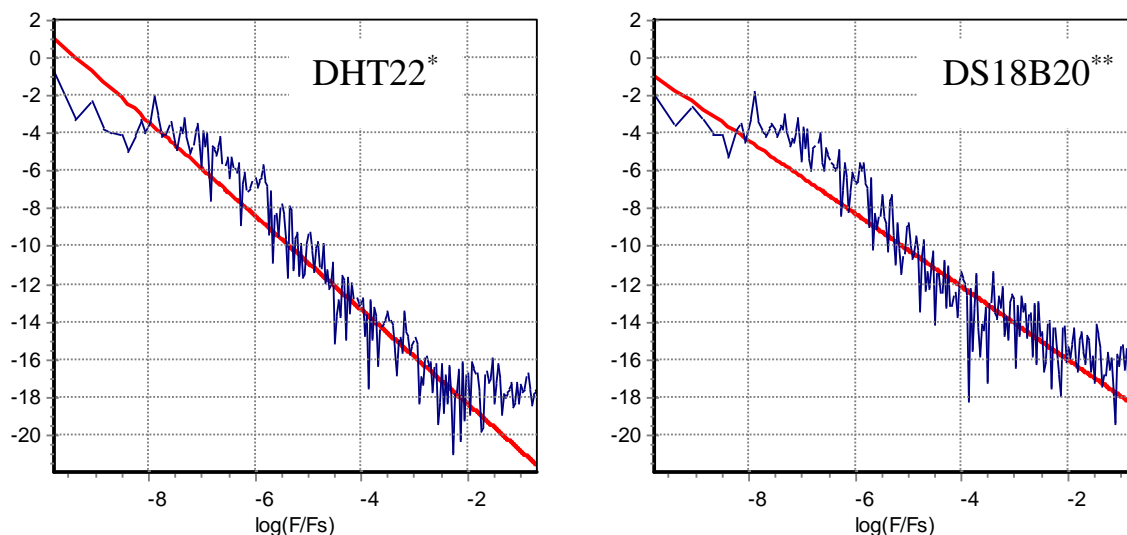


Рис. 2. Спектральна густина потужності даних давача температури

На рис. 3 представлені графіки відхилення для дисперсії Аллана (ADEV та MDEV) і Адамара (HDEV) з похибкою, визначеною для дисперсії Аллана.

Відмінності у статистичних даних, зумовлені розбіжностями у високочастотних коливаннях вихідного сигналу в залежності від роздільної здатності досліджуваних датчиків, можна побачити на початковій ділянці наведених графіків – у екземпляра DS18B20 криві очікувано вищі для малих значень τ . Також на графіках добре помітна різниця в нахилі ділянки з $\tau \sim 5\text{--}100$ для двох типів датчиків.

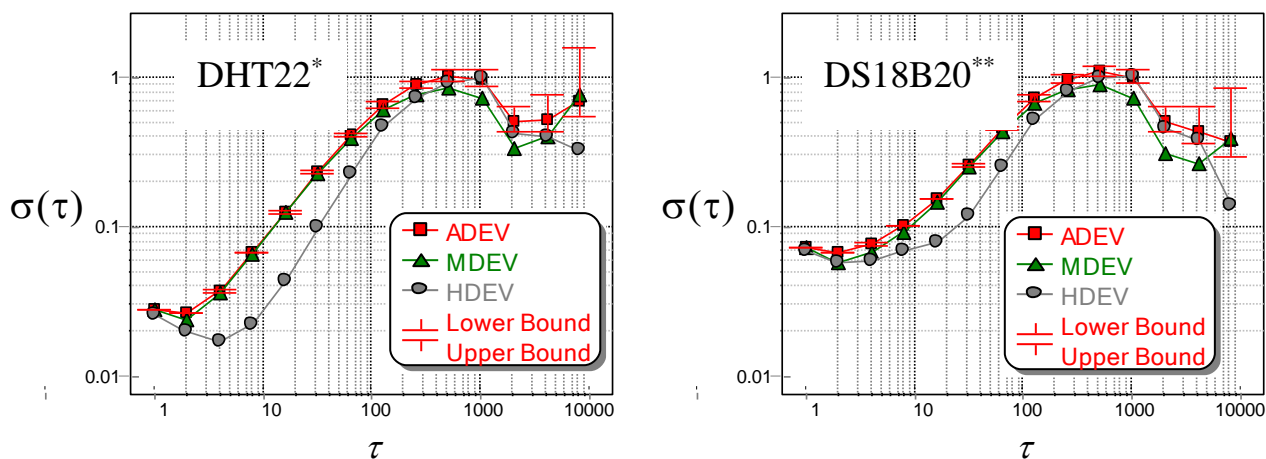


Рис. 3. Відхилення Аллана (ADEV та MDEV) і відхилення Адамара (HDEV)

Спостереження за реакціями різних дослідних давачів на зміну температури підтверджують, що отримувані дані мають різну динаміку, відштовхуючись від типу та конструктивних відмінностей давачів, а також індивідуальних властивостей окремих екземплярів пристроїв. Тобто, кожний конкретний виготовлений давач температури має до певної міри особисту сигнатуру метрологічних характеристик, що можна використовувати для ідентифікації типу давача або атипових даних від відомого екземпляра давача, які можуть бути ознакою втручання в роботу вимірювальної системи чи,

наприклад, аварійної зміни властивостей оточуючого середовища давача, коли він не може виконувати штатну функцію.

З огляду на компактність обсягу даних, що лишаються після статистичної обробки вхідного потоку від давача за допомогою дисперсії Аллана, ефективним інструментом для зазначених цілей можуть стати нейромережі, в залежності від конкретних цілей, навчені розпізнавати дисперсійні сигнатури різнотипних давачів, або навчені розпізнавати типові відхилення режиму роботи конкретного давача у прикладній задачі, або, наприклад, навчені розпізнавати ознаки типових зовнішніх втручань у роботу конкретної системи з давачем. При такому використанні нейромережі будуть потребувати небагато обчислювальних ресурсів і можуть працювати навіть безпосередньо на контролері вузла IoT, виконуючи функцію автономної експертної системи.

Список літературних джерел

1. G. E. P. Box, G. M. Jenkins, G. C. Reinsel, and G. M. Ljung, Time Series Analysis: Forecasting and Control, 5th Edition. Wiley. June 2015, 712 p.
2. D. Serpanos, M. Wolf, Internet-of-Things (IoT) Systems: Architectures, Algorithms, Methodologies. Springer I. P. AG. 2018. XII+95 p.
3. Крижановський В. Г., Комаров В. Ф., Сергієнко С. П., Загоруйко Л. В. Використання дисперсії Аллана для ідентифікації нормальної роботи сенсорних вузлів // Вісник ВПІ. Вип. 3. С. 78–83.
4. Крижановський В. Г., Комаров В. Ф., Сергієнко С. П., Крижановський В. В. Безпека сенсорів в кіберфізичних системах // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: матеріали двадцять першої міжнародної науково-технічної конференції (м. Одеса, 3-7 червня 2021 р., м. Одеса), Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку. Одеса-Тернопіль: Видавництво "Крок". 2021. С 30–32.

УДК 681.5:004.4

*Цирульник С. М., к.т.н., доцент, доцент
кафедри інформаційних технологій
Цирульник М. С., студент 1 курсу
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»*

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ НА МОДУЛІ ІОТ

*Вінницький фаховий технічний коледж, Донецький національний
університет імені Василя Стуса, м. Вінниця*

Переваги технології бездротового зв'язку полягають в низькій вартості, зручності, простоті установки та високою портативністю. Волога, яка присутня в повітрі, а також температура робить довготривалий та руйнівний вплив на людину, машини та матеріали. У багатьох галузях промисловості частина