

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова приймальної комісії ХНУРЕ

Ігор РУБАН

« 2022 р.



ПРОГРАМА

ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
для вступу на третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти  
у 2023 році

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Протокол засідання приймальної комісії  
№ 109 від 14 листопада 2022 р.

Голова фахової комісії

\_\_\_\_\_

(підпис)

Геннадій КРИВУЛЯ  
(ім'я, прізвище)

Зав. відділом аспірантури  
та докторантури

(підпис)

Володимир МАНАКОВ  
(ім'я, прізвище)

Відповідальний секретар  
приймальної комісії

(підпис)

Аркадій СНИГУРОВ  
(ім'я, прізвище)

Харків 2022

Програма розроблена фаховою комісією зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія у складі:

голова комісії:

Геннадій КРИВУЛЯ – д.т.н., професор, професор кафедри АПОТ;

члени комісії:

Світлана ЧУМАЧЕНКО – д.т.н., професор, зав. кафедри АПОТ;

Олег МІХАЛЬ – д.т.н., професор, професор кафедри ЕОМ;

Олександр ШКІЛЬ – к.т.н., с.н.с, доцент кафедри АПОТ

## **1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ, МЕРЕЖ ТА ЇХ КОМПОНЕНТІВ**

1.1 Етапи розвитку засобів обчислювальної, керуючої та вимірювальної техніки та їх компонентів. Класифікація Фліна.

1.2 Цифрові та аналогові комп'ютерні системи: основні принципи побудови та організації обчислювального процесу.

1.3 Класифікація комп'ютерів за різними ознаками. Таблиця параметрів обчислювальних систем TOP-500.

1.4 Розвиток інтегральних технологій, закон Мура та фізичні обмеження розвитку кремнієвих технологій.

1.5 Нові технології створення компонентів та структур комп'ютерів (оптичних, кріоелектронних, біокомп'ютерів, квантових комп'ютерів). Закони Гроша, Амдала.

1.6 Глобальні технології, що масштабують моделі комп'ютингу: 1) Cyber-Physical Systems. 2) Internet of Things and Everything. 3) Web-, Cloud-, Mobile-, Service-, Network-, Automotive-, Big Data-, and Quantum- computing. 4) Smart Objects and Infrastructure: Enterprise, University, City, and Government.

1.7 Проривні системо-утворювальні дизрапторні напрями: 1) Технологія мобілізації ресурсів людей для розробки апаратного забезпечення – Crowdsourcing/open-sourcing of hardware development; 2) Технологія навчання Massive Open Online Course (MOOC); 3) Виртуальні/альтернативні валюти (Bitcoin); 4) Технологія використання гаджетів для здійснення платежів (Smartphone for payment); 5) Хмарні обчислення (Cloud computing); 6) Робототехніка (Robots as source of labor); 7) Використання енергонезалежної пам'яті для забезпечення доступності та портативності (перенесення) даних (Nonvolatile memory influencing big data accessibility and portability); 8) Квантові не детерміновані обчислення (Quantum/nondeterministic computing); 9) 3D друк (3D printing); 10) «Зелені» обчислення (Green computing); 11) Нові інтерфейси користувача (New user interfaces –Siri, Kinect).

8) Розвиток імерсивного досвіду (занурення в штучне digital-середовище): цифровий двійник клієнта, децентралізована ідентифікація, метавсесвіти, супердодатки, внутрішні кадрові маркетплейси, web3.

9) застосування штучного інтелекту: автономні системи, проектування із застосуванням ШІ, Machine Learning для генерації коду.

10) інновації в галузі оптимізації доставки технологій: розширений FinOps (Augmented FinOps), обчислювальні сховища або платформна розробка.

## **2. МАТЕМАТИЧНІ, АРИФМЕТИЧНІ ТА ЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

2.1 Алгоритмічна універсальність комп'ютерів. Машина Тьюрінга. Основи алгебри логіки. Способи подання систем логічних функцій, методи їх мінімізації. Функціональна повнота систем логічних функцій. Аналіз та синтез комбінаційних схем.

2.2 Абстрактний автомат. Аналіз і синтез скінченних автоматів. Мінімізація абстрактних автоматів.

2.3 Подання інформації в комп'ютерах. Системи числення. Способи представлення даних. Подання десяткових чисел та буквеної інформації.

2.4 Організація виконання арифметичних та логічних операцій і способи їх прискорення.

### **3. АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА ПРИНЦИПИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ**

3.1 Архітектура і структури комп'ютерів, варіанти їх архітектурно-структурної організації. Апаратні та програмні платформи комп'ютерів, їх приклади.

3.2 Характеристики комп'ютерів (продуктивність, надійність, достовірність обробки інформації, способи представлення інформації, ємність оперативного та постійного запам'ятовувального пристрою).

3.3 Кеш-пам'ять, VLIW – технології, застосування внутрішньої мови високого рівня.

3.4 Інтенсивні та екстенсивні структури комп'ютерних систем (модель фон-Неймана-Лебедева, комп'ютери з зосередженими та розосередженими апаратними засобами, комп'ютери з програмовною структурою, архітектура «процесор в пам'яті»).

3.5 Формування, вилучення, представлення та опрацювання знань в комп'ютерних системах. Способи керування знаннями. Комп'ютери для роботи з алгебрами складних структур даних, лексикографічні системи, текст-процесінг.

3.6 Нейронні мережі. Архітектурні особливості та функціональні можливості.

3.7 Чотири парадигми комп'ютингу: імовірнісний комп'ютинг (probabilistic computing), реверсивний або термодинамічний комп'ютинг (reversible or thermodynamic computing), нейроморфний комп'ютинг (neuromorphic computing), квантовий комп'ютинг (quantum computing).

### **4. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ**

4.1 Різновиди комп'ютерних систем та комплексів. Класифікації Фліна, Ерлангера, Шора.

4.2 Багатомашинні та багатопроцесорні системи. Особливості побудови та використання.

4.3 Проблемно-орієнтовані системи: орієнтовані на знання, матричні, асоціативні системи.

4.4 Географічно розподілені системи: призначення та принципи організації. Метакомп'ютери та GRID – системи, архітектурно-структурна організація та особливості застосування.

4.5 Системи з реконфігурованою структурою. Принципи організації, особливості проектування та застосування.

## **5. КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ**

5.1 Еталонна модель взаємодії відкритих систем (EMVCS). Семирівнева архітектура. Функції рівнів та їх взаємодія. Послуги, протоколи, інтерфейси.

5.2 Фізичні середовища передавання даних та їх порівняльні характеристики. Теорема Шеннона про взаємозв'язок смуги пропускання та пропускну спроможності каналу.

5.3 Технології комутації каналів, повідомлень та пакетів. Логічна та фізична структури мереж.

5.4 Мережі даних, що передаються (МПД). Архітектура МПД типів X.25, ISDN, Frame Relay, ATM та ін. Міжнародні стандарти на МПД.

5.5 Локальні мережі: топологія, архітектура та структурна організація. Методи доступу в мережах типу Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM. Формати пакетів. Порівняння характеристик локальних мереж.

5.6 Корпоративні мережі. Функції, алгоритми та особливості концентраторів, мостів, комутаторів та маршрутизаторів. Типи маршрутизаторів та протоколи маршрутизації. Засоби захисту мережевого периметру.

5.7 Internet: архітектура та структурна організація. Стек протоколів TCP/IP. Формати пакетів, адресація та маршрутизація в IP – мережах. Технологія WWW, Web-серверів, Web – сторінок, мови гіпертекстів типів HTML, XML, SGML та т.і.

5.8 Технології Internet of things, Smart Everything.

5.9 Туманні мережі (Fog networks).

## **6. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ КОМПОНЕНТІВ**

6.1 Основи теорії моделювання. Поняття моделі, основні властивості моделей, класифікація моделей. Мови моделювання. Методи обробки результатів моделювання.

6.2 Елементи теорії лінійних електричних кіл. Основні закони і теореми. Методи аналізу лінійних електричних кіл: контурних струмів, вузлових потенціалів, матричний аналіз. Аналіз нелінійних електричних кіл.

6.3 Передавальні, перехідні та амплітудно-частотні характеристики. Аналіз швидкодії компонентів у часовій та у частотній областях. Методи аналізу стійкості.

6.4 Основні поняття експериментальних досліджень, спостереження, лічба, вимірювання, контроль, діагностика.

6.5 Фізичні величини та сигнали, їх математичний опис. Систематизація фізичних величин. Класифікація вимірювань: прямі, непрямі, опосередковані, сукупні і сумісні.

## **7. КОМПОНЕНТИ КОМП'ЮТЕРІВ, СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ**

### 7.1 Цифрові компоненти

7.1.1 Типи вузлів та блоків сучасних комп'ютерів, їх характеристики. Процесори, засоби пам'яті та керування обчислювальними процесами, пристрої введення – виведення інформації.

7.1.2 Великі інтегральні мікросхеми (ВІМС). Типи та комплекти ВІМС. Їх характеристики та технології виготовлення.

7.1.3 Логічні інтегральні мікросхеми, що програмуються, особливості їх організації та використання.

7.1.4 Імплементация ВІМС: стандартні (Standard), програмовні (Field Programmable), спеціалізовані (ASIC).

7.1.5 Мікропроцесори: структура, внутрішні мови, типові операції та процедури. Приклади та характеристики сучасних  $\mu P$ .

7.1.5 Процесори цифрової обробки сигналів. Типи та характеристики.

7.1.6 Інтегральні схеми пам'яті. Види інтегральних запам'ятовуючих пристроїв (ЗП). ІС з довільною та послідовною вибіркою на біполярних та МДП транзисторах. Програмовані та перепрограмовані постійних ЗП. Порівняльна оцінка сучасних статичних та динамічних ЗП. ЗП на приладах із зарядовим зв'язком, на циліндричних доменах, голографічні, кріоелектронні ЗП.

7.2 Аналогові та аналого-цифрові, цифро-аналогові компоненти.

7.2.1 Операційні підсилювачі (ОП). Аналіз схем ОП, їх основні параметри та характеристики. Температурний і часовий дрейфи. Методи компенсації дрейфу. Стійкість схем ОП, їх корекція.

7.2.2 Засоби вимірювальної техніки: міра, вимірювальний перетворювач, масштабний перетворювач, компаратор. Основні параметри і характеристики.

7.2.3 Інструментальні підсилювачі, активні фільтри, перемножувачі і модулятори. Аналогові комутатори та схеми пам'яті. Синтезатори аналогових сигналів.

7.2.4 Давачі та перетворювачі. Тензочутливі елементи, термоелектричні перетворювачі, термодари. Оптикоелектронні перетворювачі. Давачі Холла, магніторезистори, напівпровідникові квантові інтерферометри (СКВІД).

7.2.5 Цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП). Основні вузли, характеристики та параметри. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). АЦП прямого та компенсаційного перетворень. Сигма-дельта АЦП. Основні параметри та характеристики.

7.2.6 Похибки перетворювачів. Причини їх виникнення та їх оцінка. Методи математичного опису чутливості та точності засобів перетворення. Детермінований та імовірнісний методи оцінки похибок. Статичні і динамічні похибки перетворювачів.

## **8. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕОМ ТА МЕРЕЖ**

8.1 Асемблери та їх типи. Машинно-залежні та незалежні характеристики асемблерів. Транслятори з мов асемблера.

8.2 Операційні системи (ОС). Основні компоненти та загальні характеристики операційних систем та їх інтерфейсів.

8.3 Мережеві ОС: архітектура та функціональні особливості, адміністрування. Безпека інформаційних ресурсів. Технологія архівного резервування. Середовища розробки розосереджених прикладних програм Informix, Oracle, Power Builder.

8.4 Системи та мови програмування. Машинно-орієнтовані, проблемно-орієнтовані та універсальні мови програмування. Абетка, синтаксис та семантика. Способи опису мов програмування.

8.5 Компіляція та її фази. Компілятори з оптимізацією.

8.6 Технологічна культура кіберпростору Big Data. Аналітика великих даних (Big Data Analytics).

## **9. ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ**

9.1 Системний підхід до проектування комп'ютерів. Рівні та етапи проектування.

9.2 Завдання та методи проектування. Системне, функціональне, логічне, технічне та технологічне проектування. Основні задачі проектування апаратури на надвеликих інтегральних мікросхемах.

9.3 Системна інтеграції комп'ютерних засобів як розвиток системного підходу до проектування. Загальне поняття та визначення.

9.4 Основні технології проектування: багатоагентна технологія, Web – технологія. Стратегія вибору сумісних апаратних та програмних засобів. Інтеграція різних апаратних та програмних платформ для побудови обчислювальних систем.

9.5 Моделювання для обґрунтування запропонованих технічних рішень. Мови опису апаратури (VHDL, Verilog, System Verilog).

9.6 Онтологія як інструмент проектування комп'ютерних систем.

9.7 Проектування функціональних блоків та елементної бази комп'ютерів за допомогою САПР. Основні програмні комплекси САПР (Xilinx, Cadence, Mentor Graphic).

9.8 Особливості проектування реконфігурованих комп'ютерних систем з використанням ПЛІС. Синтез програмовної логіки. Методологія проектування ПЛІС.

## **10. НАДІЙНІСТЬ КОМП'ЮТЕРІВ, СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ**

10.1 Показники надійності комп'ютерів, систем та мереж. Вплив параметрів елементної бази на показники надійності.

10.2 Методи та способи забезпечення високої достовірності обробки інформації.

10.3 Достовірність результатів обробки інформації в комп'ютерах ЕОМ та мереж, в залежності від відмов та збоїв апаратури.

10.4 Апаратний автоматичний контроль комп'ютерів та мереж для забезпечення достовірності обробки інформації.

10.5 Методи кодування інформації та їх застосування для підвищення надійності обробки інформації.

## **11. ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ ТА МЕРЕЖАХ**

11.1 Інформаційна безпека комп'ютерної обробки та зберігання даних. Основні задачі захисту інформації в комп'ютерних системах та мережах.

11.2 Організаційні, програмні та апаратні засоби захисту інформації. Засоби обмеження доступу до інформації для захисту комп'ютерних систем та мереж від спроб несанкціонованого доступу.

11.3 Алгоритми та програми криптографічного шифрування даних. Спецпроцесори для криптографії. Засоби ідентифікації користувачів.

11.4 Комп'ютерні віруси, їх класифікація та розповсюдження, методи виявлення вірусів та засоби захисту від них. Найбільш розповсюджені пакети захисту від вірусів.

11.5 Авторське право (зокрема на програмне забезпечення) та засоби його захисту.

## **12. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ КОМПОНЕНТИ**

12.1 Основні визначення вимірювальної техніки: вимірювання, фізична величина, результат вимірювання, похибка вимірювання та її складові, класифікація методів вимірювання.

12.2 Засоби вимірювання та їх характеристики. Первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) та вторинні вимірювальні перетворювачі (ВВП), їх похибки. Мостові схеми ВП.

12.3 Цифрові вимірювальні пристрої (ЦВП). Вимірювачі частоти. Інтегруючі ЦВП. ЦВП розгортуючого перетворення та слідкуючі ЦВП.

12.4 Мікропроцесорні засоби та системи автоматичних вимірювань.

12.5 Основні метрологічні характеристики ЦВП.



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### Базова

1. Азаров О.Д. Основи теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2004. 260 с.
2. Abramovici M. Digital System Testing and Testable Design / M. Abramovici, M.A. Breuer, A.D. Friedman. – Computer Science Press. – 1998.– 652 p.
3. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. і інш. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. 2-е вид. Підручник. К.: Вища шк., 2004.
4. Подлевський Б. М., Рикалюк Р. Є. Теорія інформації: Підручник. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2016. – 339 с.
5. Roman Trobec, Boštjan Slivnik, Patricio Bulić, Borut Robič, Introduction to Parallel Computing From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms. Springer. 2018.
6. Sri Manikanta Palakollu. Practical System Programming with C. Pragmatic Example Applications in Linux and Unix-Based Operating Systems. Springer. 2021.
7. Колонтаєвська Ю.П., Сосков А.Т. Промислова електроніка та мікросхемотехніка. Навчальний посібник. 2-е вид.-К.: Каравела, 2004.-432 с.
8. Погорілий С.Д.. Програмне конструювання. Підручник за редакцією академіка АПН України О.В. Третяка. Київ, ВПЦ „Київський університет”, 2005. 440 с.
9. Тарасенко В.П., Маламан А.Ю., Черніченко Ю.П., Корнійчук В.І. Надійність комп'ютерних систем. – К.,Корнійчук.-2007.-256 с.
10. Daniel D. Gajski, Samar Abdi, Andreas Gerstlauer, Gunar Schirner. Embedded System Design. Modeling, Synthesis and Verification.– Springer.– 2009.– 352 p.
11. Design of Digital Systems and Devices / Marian Adamski, Alexander Barkalov, Marek Wegrzyn // Springer. – 2011. – 362 p.
12. IEEE 1500 Web Site. <http://grouper.ieee.org/groups/1500/>.
13. Hasan Alkhatib, Paolo Faraboschi, Eitan Frachtenberg, Hironori Kasahara, Danny Lange, Phil Laplante, Arif Merchant, Dejan Milojicic, Karsten Schwan. IEEE CS 2022 Report. IEEE Computer Society. 2014. 163 p.
14. Michael A. Nielsen & Isaac L. Chuang. Quantum Computation and Quantum Information. — Cambridge University Press.— 2010. —676p.
15. Marinissen Erik Jan. IEEE Std 1500 Enables Modular SoC Testing / Erik Jan Marinissen, Yervant Zorian // Design & Test of Computers.– January/February 2009. – P.8-16.
16. Modeling and Simulation of Computer Networks and Systems. Methodologies and Applications. Edited by Mohammad S. Obaidat Petros Nicopolitidis Faouzi Zarai. 2015. doi:10.1016/B978-0-12-800887-4.00031-6
17. Navabi Z. Digital System Test and Testable Design. Springer. 2011. 435 с.
18. Stenholm Stig, Kalle-Antti Suominen. Quantum approach to informatics.– John Wiley & Sons, Inc. 2005. 249p.

19. Zorian Yervant. Test Strategies for System-in-Package / Yervant Zorian // The Plenary Paper of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'08). Lviv, Ukraine. October 9-12, 2008.
20. Vladimir Hahanov, Cyber Physical Computing for IoT-driven Services, New York: Springer 2018.
21. D. Harris, S. Harris. Digital Design and Computer Architecture. – 2nd Edition. – Elsevier.– 2012.
22. J.A. Ang, D.J. Mountain. New Horizons for High-Performance Computing // COMPUTER. Dec. 2022. P. 156 – 162.
23. Emerging Computing: From Devices to Systems. Looking Beyond Moore and Von Neumann. Editors: Mohamed M. Sabry Aly, Anupam Chattopadhyay. Springer. 2023.
24. Taraate, V. (2023). FPGA Architecture and Design Flow. In: Digital Design from the VLSI Perspective. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-4652-3\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-19-4652-3_19)
25. Castrillon, J., Desnos, K., Goens, A., Menard, C. (2023). Dataflow Models of Computation for Programming Heterogeneous Multicores. In: Chattopadhyay, A. (eds) Handbook of Computer Architecture. Springer, Singapore. 2023. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6401-7\\_45-2](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6401-7_45-2)
26. Artificial Intelligence Technology. Huawei Technologies Co., Ltd. Springer Singapore. 2023. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-2879-6>
27. Huawei Technologies Co., Ltd. (2023). Deep Learning Frameworks. In: Artificial Intelligence Technology. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-2879-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-19-2879-6_4)
28. Data Communications and Network Technologies. Huawei Technologies Co., Ltd. Springer, Singapore. 2022. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-3029-4>
29. Springer Handbook of Augmented Reality. Editors: Andrew Yeh Ching Nee, Soh Khim Ong. Springer Cham. 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67822-7>
30. Cloud Computing Technology. Huawei Technologies Co., Ltd. Springer Singapore. 2023. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-3026-3>
31. M. Tehranipoor, N. Pundir, N. Vashistha, F. Farahmandi. Hardware Security Primitives. Springer Cham. 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-19185-5>
32. B. S. Rawal, G. Manogaran, A. Peter. Cybersecurity and Identity Access Management. Springer Singapore. 2023. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-2658-7>

### **Допоміжна**

1. IEEE Std 1800-2005.– IEEE Standard for System Verilog – Unified Hardware Design, Specification, and Verification Language.– Sponsor: Design Automation Standards Committee of the IEEE Computer Society and the IEEE Standards Association Corporate Advisory Group.– Published by The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.– 3 Park Avenue. New York, NY 10016-5997, USA.– 2005.– 664 p.
2. IEEE Std 1364-2001. (Revision of IEEE Std 1364-1995).– IEEE Standard Verilog Hardware Description Language.– IEEE Computer Society Sponsored by the Design Automation Standards Committee.– Published by The Institute of Electrical and

Electronics Engineers, Inc.– 3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997, USA.– 2001.– 791 p.

3. Схемотехнічне проектування і моделювання НВІС (VLSI Schematic Design & Simulation) / В.І. Хаханов, І.В. Хаханова, Є.І. Литвинова, Г.В. Хаханова.– Харків: ХНУРЕ.– 2013.– 524 с.

4. MATLAB® documentation <https://www.mathworks.com/help/>

5. Vaibbhav Taraate. Digital Design from the VLSI Perspective. Concepts for VLSI Beginners. Springer. 2022. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-4652-3>

6. Sustainable Smart Cities. Theoretical Foundations and Practical Considerations. Editors: Pradeep Kumar Singh, Marcin Paprzycki, Mohamad Essaïdi, Shahram Rahimi. Springer. 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-08815-5>

7. Handbook on Decision Making. Volume 3: Trends and Challenges in Intelligent Decision Support Systems. Editors: Julian Andres Zapata-Cortes, Cuauhtémoc Sánchez-Ramírez, Giner Alor-Hernández, Jorge Luis García-Alcaraz. Springer. 2022. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-08246-7>

8. Faris Elghaish, Farzad Pour Rahimian, Tara Brooks, Nashwan Dawood, Sepehr Abrishami. Blockchain of Things and Deep Learning Applications in Construction. Digital Construction Transformation. Springer. 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-06829-4>