

ISSN 1998-6939
EISSN 2306-1707
DOI 10.14308/ite

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ

Information Technologies in Education

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Головний редактор: професор Співаковський О.В.

Збірник наукових праць засновано в травні 2007 року

Випуск 2 (54)

Херсон – 2023

УДК 004:37

Друкується за ухвалою вченої ради
Херсонського державного університету
(протокол від 21.05.2007 № 9)

Затверджено відповідно до рішення вченої ради
Херсонського державного університету
(протокол від 21.12.2023 р. № 9)

**Внесено до Переліку наукових фахових видань України
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 17.03.2020 № 409)**

Головний редактор

Співаковський Олександр
Володимирович

– Херсонський державний університет, Україна

Заступники головного редактора

Гуржій Андрій Миколайович
Єрмолаєв Вадим Анатолійович
Вінник Максим Олександрович

– НАПН України, Україна
– Запорізький національний університет, Україна
– Херсонський державний університет, Україна

Відповідальні секретарі

Кравцов Геннадій Михайлович
Тарасіч Юлія Геннадіївна

– Херсонський державний університет, Україна
– Херсонський державний університет, Україна

Літературний редактор

Гнедкова Ольга Олександрівна

– Херсонський державний університет, Україна

Редакційна колегія

Андрієвський Борис Макійович
Биков Валерій Юхимович
Богомолов Сергій
Ваган Терзіян
Валько Наталія Валеріївна
Вангула Алагар
Гері Л. Пратт
Генріх Майр
Девід Камачо
Думітру Ден Бурдеску
Колгатін Олександр Геннадійович

– Херсонський державний університет, Україна
– Інститут цифровізації освіти, Україна
– Австралійський національний університет, Австралія
– Університет Юваскюля, Фінляндія
– Херсонський державний університет, Україна
– Університет Конкордія, Канада
– Східний університет Вашингтона, США
– Альпен-Адрія-університет, Клагенфурт, Австрія
– Мадридський автономний університет, Іспанія
– Університет Крайови, Румунія
– Харківський національний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди, Україна
– Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького, Україна
– Херсонський державний університет, Україна
– Утрехтський університет прикладних наук, Нідерланди
– Херсонський державний університет, Україна
– Київський університет ім. Бориса Грінченка, Україна
– Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Україна
– Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького, Україна
– Херсонський державний університет, Україна
– Херсонський державний університет, Україна
– Херсонський державний університет, Україна
– Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова, Україна
– Херсонський державний університет, Україна
– Криворізький державний педагогічний університет, Україна
– Інститут цифровізації освіти, Україна
– Університет Аристотеля в Салоніках, Греція
– Черкаський державний технологічний університет, Україна
– Університет Ніцци-Софії Антиполіс, Франція
– Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Україна

Круглик Владислав Сергійович

Кушнір Наталія Олександрівна
Лео Ван Моєргестел
Львов Михайло Сергійович
Морзе Наталія Вікторівна
Нікітченко Микола Степанович
Осадча Катерина Петрівна

Песчаненко Володимир Сергійович
Петухова Любов Євгенівна
Полторацький Максим Юрійович
Раков Сергій Анатолійович
Саган Олена Валеріївна
Семеріков Сергій Олексійович
Спірін Олег Михайлович
Ставрок Деметріадіс
Триус Юрій Васильович
Філіпп Лаір
Шишацька Олена Володимирівна

Information Technologies in Education: збірник наукових праць. Випуск 2 (54). Херсон: ХДУ, 2023. 75 с.

Редакція зберігає за собою право на редагування та скорочення статей. Думки авторів не завжди збігаються з думкою редакції. За достовірність фактів, цитат, імен, назв та інших відомостей відповідають автори.

Засновник (співзасновник): Херсонський державний університет, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії педагогічних наук України.

Свідцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації Серія КВ № 24162-14002 ПП.

Електронна адреса збірника <http://ite.kspu.edu>

Збірник зареєстровано та представлено у наукометричних та бібліометричних системах і БД: DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, CrossRef, Index Copernicus International S.A., Реферативна база даних «Україніка наукова», Google Scholar.

Адреса редакційної колегії: Херсонський державний університет,
ул. Університетська, 27, м. Херсон, Україна, 73000.

ISSN 1998-6939
EISSN 2306-1707
DOI 10.14308/ite

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
KHERSON STATE UNIVERSITY

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE FOR DIGITALISATION OF EDUCATION

Information Technologies in Education

SCIENTIFIC JOURNAL

Editor-in-Chief: Professor Spivakovsky O.

Scientific journal was founded in May 2007

2 (54) Issue

Kherson – 2023

Printed by decision of Academic Council
of Kherson State University
(protocol № 9 from 21.05.07)

Ratified by decision of Academic Council
of Kherson State University
(protocol from 21.12.2023 № 9)

**Included in List of Scientific Professional Issues of Ukraine
(By order of Ministry of Education and Science of Ukraine №409 from 17.03.2020)**

Editor-in-Chief

Aleksander Spivakovsky – Kherson State University, Ukraine

Co-Editors-in-Chief

Andrey Gurzhij – National Academy of Pedagogical Sciences, Ukraine

Vadim Ermolayev – Zaporozhye National University, Ukraine

Maksym Vinnyk – Kherson State University, Ukraine

Editorial Assistants

Hennadiy Kravtsov – Kherson State University, Ukraine

Yuliia Tarasich – Kherson State University, Ukraine

Copyeditor

Olha Hniedkova – Kherson State University, Ukraine

Editorial Board

Members:

Boris Andrievskiy – Kherson State University, Ukraine

Valeriy Bykov – Institute for Digitalisation of Educations, Ukraine

Sergiy Bogomolov – Australian National University, Australia

Vagan Terziyan – University of Jyväskylä, Finland

Natalia Valko – Kherson State University, Ukraine

Vangalur Alagar – Concordia University, Canada

Gary L. Pratt – Eastern Washington University, United States A.

Heinrich C. Mayr – Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Austria

David Camacho – Universidad Autónoma de Madrid, Spain

Dumitru Dan Burdescu – University of Craiova, Romania

Oleksandr Kolhatin – H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, Ukraine

Vladyslav Kruhlyk – Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Ukraine

Nataliya Kushnir – Kherson State University, Ukraine

Leo Van Moergestel – Utrecht University of Applied Sciences, Netherlands

Michael Lvov – Kherson State University, Ukraine

Natalia Morze – Borys Grinchenko Kiev University, Ukraine

Mykola Nikitchenko – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

Kateryna Osadcha – Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Ukraine

Vladimir Peschanenko – Kherson State University, Ukraine

Liubov Petukhova – Kherson State University, Ukraine

Maksym Poltorackiy – Kherson State University, Ukraine

Sergey Rakov – National Pedagogical Dragomanov University, Ukraine

Yelena Sagan – Kherson State University, Ukraine

Serhiy Semerikov – Kryvyi Rih State Pedagogical University, Ukraine

Oleg Spirin – Institute for Digitalisation of Educations, Ukraine

Stavros Demetriadis – Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Yuriy Trius – Cherkasy State Technological University, Ukraine

Philipp Lahire – University of Nice Sophia-Antipolis, France

Olena Shyshatska – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

Information Technologies in Education : Scientific journal. Issue 2 (54). Kherson: KSU, 2023. 75 p.

Editorial board reserved the right to edit and reduce articles. Authors opinions cannot always agreed with editorial board's point of view. Authors are responsible for authenticity of facts, quotations, names, places, and other information.

Founders: Kherson State University, Institute of Informational Technologies and Learning Tools of National Academy of Educational Sciences of Ukraine.

The certificate of state registration of printed mass media Serial number KB № 24162-14002 III.

<http://ite.kspu.edu>

The scientific journal is registered and submitted in bibliometric databases and systems: DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, CrossRef, Index Copernicus International S.A., Abstract database “Україніка наукова”, Google Scholar.

Address of editorial stuff: Kherson State University
Universytets'ka, 27, Kherson, Ukraine, 73000

ЗМІСТ

Бондаренко Т.

Динамічна візуалізація навчального матеріалу засобами мультимедійного інструменту Timeline.JS..... 7

Малицька І.

Оцінювання ефективності інформаційно-цифрового середовища закладів загальної середньої освіти: досвід Великої Британії..... 15

Тарас І., Витвицький В.

Використання систем автоматизованого проєктування в інноваційній методиці навчання графічних дисциплін..... 27

Летичевський О., Песчаненко В., Полторацький М., Коннова О.

Алгебраїчний підхід до аналізу смарт-контрактів на TEAL..... 37

Полінкевич О., Кузьмак О.

Якість дистанційної освіти з ІКТ: моделювання українського сценарію..... 52

Відомості про авторів 68

Анотації..... 70

CONTENTS

Tetiana Bondarenko

Dynamic Visualization of Educational Material Using the Timeline.js Multimedia Tool.....	7
--	---

Iryna Malytska

Assessment of the Effectiveness of the Information and Digital Environment of General Secondary Education Institutions: the Great Britain Experience.....	15
---	----

Iryna Taras, Vasyl Vitytskyi

The Use of CAD System in the Innovative Method of Teaching Graphic Disciplines.....	27
---	----

Oleksandr Letychevskyi, Volodymyr Peschanenko, Maksym Poltoratskyi, Olga Konnova

An Algebraic Approach to the Verification of Smart Contracts in TEAL.....	37
---	----

Oksana Polinkevych, Olena Kuzmak

The Quality of Distance Education with ICT: Simulation of the Ukrainian Scenario.....	52
---	----

<i>Information about Authors</i>	68
--	----

<i>Summary</i>	70
----------------------	----

УДК 37.091.33-028.22:004.032.6(045)

Бондаренко Т.

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, Умань, Україна

ORCID ID 0000-0001-9330-9661

ДИНАМІЧНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ЗАСОБАМИ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ІНСТРУМЕНТУ TIMELINE JS

DOI 10.14308/ite000771

У статті розглядаються особливості застосування мультимедійного інструменту *Timeline.JS* для візуалізації навчального матеріалу. Вплив інформаційно-комунікаційних технологій на ланку освіти призводить до того, що візуальний спосіб подачі інформації стає більш популярним та затребуваним, унаслідок чого з'явилася необхідність шукати інтерактивні підходи до ефективної передачі знань, умінь та досвіду споживачам освітніх послуг.

Акцентовано увагу на можливостях застосування стрічки часу як нового інструменту подачі різного типу контенту. У процесі дослідження проаналізовано основні сфери використання таймлайнів: у медіа, у галузі мистецтва та в освіті. Виявлено активні програмні засоби для створення стрічок часу, до яких входять: *Timeline.JS*, *Timetoast*, *Preceden*, *TIKI-TOKI*, *Timeline Maker*, *BEEDOCSTimeline* та, як додатковий інструмент, у складі хмарних сервісів їх використовують *Canva* і *Prezi*.

Відзначено, що *Timeline.JS* – це програмне забезпечення, готовий інформаційний продукт, завдяки якому відбувається представлення інтерактивного, мультимедійного контенту. Зроблено спробу дослідження таймлайну як «продукту» для використання у таких категоріях: «Історичні та соціальні науки», «Літературний аналіз», «Наука і техніка», «Біографії та персоналії», «Географія», «Природничі науки», «Культура», «Соціальні зміни і реформи».

Запропоновано правила розробки ефективного таймлайну, які можуть бути використані освітянами в межах роботи над динамічною візуалізацією навчального матеріалу.

Ключові слова: *Timeline.JS*, стрічка часу, візуалізація, таймлайн, освіта, мультимедіа, хронологія

Постановка проблеми. Адаптація кожної дисципліни до вимог комп'ютеризованого суспільства вимагає від сучасного педагога постійного вдосконалення та навіть реструктуризації способу викладання-навчання-оцінювання здобувачів освіти. Окрім того, інформаційно-комунікаційні технології, як допоміжний засіб в освітньому середовищі, значно інтенсифікують процес навчання, підвищують ефективність сприймання, створення, опрацювання та обміну інформацією.

Формулювання цілей статті. Метою нашої роботи є дослідження потенціалу, проблем та специфіки використання таймлайну як одного з ефективних інструментів візуалізації навчального матеріалу.

Завдання: узагальнити уявлення про інтерактивну подачу інформації засобами *Timeline JS*, з'ясувати специфіку, можливості, проблеми використання, формати, типи та інші складові цього мультимедійного інструмента; на конкретних прикладах розглянути його використання у вітчизняній освітній практиці.



Бондаренко Т.

Виклад основного матеріалу. Серед потенційних поціновувачів таймлайнів – іноземні медіа. Приклади стрічок часу можна зустріти у медійному просторі на шпальтах інформаційних видань французької *Lemonde* [1] та американського *New York Times* [2], британського *BBC* [3] та *The Guardian* [4]. Вітчизняні інтернет-ЗМІ активно переймають вищезгаданий досвід і публікують стрічки часу у виданнях «На часі», «Слово і діло», «Українська правда» тощо. Проте, українські медійні ресурси все ще перебувають на стадії становлення, пошуку та апробації в питаннях вияву найбільш ефективних інструментів візуалізації представлення інформації.

У галузі мистецтва таймлайн нерідко доповнює та підсилює професійну виставку, вписуючи художню практику в більш сучасну, соціально-культурну модернову візуалізацію. Поряд з апаратним та програмним забезпеченням, мультимедійні технології, які використовуються в стрічці часу, дозволяють відтворити рухомі зображення, графічні інтерфейси, поєднати відео та аудіо, надати відвідувачам широкий спектр інформації та покращити загальні враження під час відвідування музею, художньої виставки чи експозиції.

Таймлайни як інтерактивний інструмент для візуалізації хронології подій, історії, розвитку артефактів, творів мистецтва та культурних епох допомагають відвідувачам зрозуміти контекст та послідовність подій у виставковому просторі. Такі музеї, як *Metropolitan Museum of Art* (США), *Museum At Bethel Woods* (США), *Computer History Museum* (США), *History of the Louvre Museum* (Франція), *Deutsches Historisches Museum* (Німеччина) використовують таймлайни у багатьох виставках, експозиціях та галереях для представлення історії, традицій, звичаїв різних культур, народів або історичних періодів, важливих подій та розвитку суспільства, для візуалізації історії давніх цивілізацій та хронології знахідок, для послідовності в часі відтворення наукових досліджень, відкриттів та проривів у різних галузях наукового знання тощо.

Таймлайни, зазвичай, представлені у формі інтерактивних екранів, стендів, плакатів або відеоінсталяцій, що дозволяє відвідувачам більш інтерактивно ознайомитися з історією, артефактами та творчістю під час відвідання музейних виставок і заходів.

Описуючи організаційну структуру багатьох виставок, де використовується шкала часу, науковець *Steven D. Lubar* вважає, що для художніх та історичних музеїв хронологічна організація виглядає інтуїтивно зрозумілою, оскільки жити історією – означає бути зануреним у потік часу, а відтворювати історію – означає організовувати час [5].

Водночас освітня спільнота також взяла на озброєння цей сучасний, мультимедійний інструмент для візуалізації навчального матеріалу. З погляду методичної підготовки здобувачів вищої освіти, спектр застосування динамічної візуалізації (інтерактивних таймлайнів) настільки широкий, що може застосовуватися сьогодні практично кожним фахівцем, який працює з текстовою, графічною, числовою, відео- чи звуковою інформацією.

Так, науковець *О. Б. Кисельова* вважає, що інтенсифікувати професійну підготовку майбутніх педагогів, підвищити насиченість занять та сприяти візуалізації освітньої інформації для її кращого сприйняття і запам'ятовування можна шляхом використання «стрічок часу» у навчальному процесі [6].

На думку дослідників *Т. Годованюк* та *В. Дубовика*, інтерактивні стрічки часу – це сучасний засіб візуалізації, який сприятиме забезпеченню якості викладання навчальних дисциплін у педагогічному університеті, кращому засвоєнню знань студентами та підвищенню інтересу до навчального предмету [7].

Трактуючи поняття «стрічка часу» чи «таймлайн», автор *О. Б. Кисельова* [6] визначає його як засіб традиційної педагогіки, та як вебдодаток, який дозволяє користувачам переглядати, створювати, обмінюватися і порівнювати інтерактивні графіки.

Загалом є багато програмних засобів для створення стрічок часу. Вони відрізняються між собою: фінансовою моделлю (безкоштовні, платні та комбіновані ресурси), зовнішнім виглядом (інтерфейсом), структурою, навігаційним функціоналом, адаптивністю тощо.

Найпопулярнішими середовищами для створення таймлайнів є Timeline.JS, Timetoast, Preceden, TIKI-TOKI, Timeline Maker, BEEDOCSTimeline для Mac OS та інші. Зазначений список далеко не повний, адже успішна експлуатація кожного сервісу залежить від конкурентоспроможності на ринку аналогічного програмного забезпечення, фінансування розробки, користувацького попиту на відповідний клас інструментів тощо. Тому повсякчас з'являються нові програми або ж, навпаки, програмний продукт не витримує конкуренції, не підтримується розробниками, не фінансується і, як правило, втрачає свою аудиторію. При цьому, варто зазначити, що деякі успішні вебсервіси долучають до своїх інструментів «шкалу часу» в якості готових шаблонів. Ці платформи дають змогу збирати візуальну складову хронології з готових елементів, просто перетягуючи їх на екран. Таку інтеграцію, насамперед, зустрічаємо на Інтернет-ресурсах, як Canva і Prezi (рис.1).

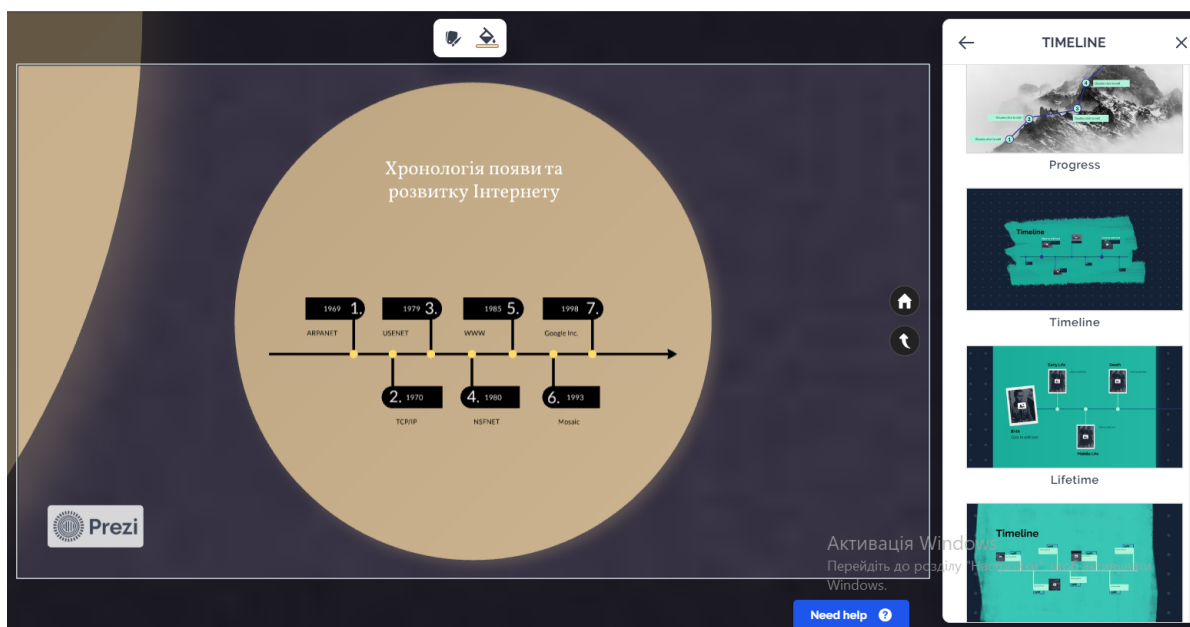


Рис. 1. Інтерфейс програми Prezi, який у своєму складі містить інструмент Timeline

Серед усього різноманіття програмних засобів самостійним, найпростішим у використанні та найпривабливішим за ціною політикою вважаємо ресурс TIMELINE.JS.

Трактуючи поняття Timeline Js, науковець Jonatan Jové Dominguez [8] стверджує, що це інструмент для створення часових ліній, який дозволяє поєднувати текст із різноманітними мультимедійними ресурсами, що робить його дуже універсальним засобом для показу тимчасової послідовності.

Вітчизняний науковець Р. М. Вербовий, описуючи згадане програмне забезпечення, вказує на те, що Timeline JS – це інструмент із відкритим вихідним кодом, який дозволяє будь-якому користувачеві безкоштовно створювати інтерактивні та візуально насичені таймлінії [9].

Насправді Timeline JS [10] – це проєкт лабораторії Knight Lab Північно-Західного університету (штат Іллінойс, США), метою якого є просування інновацій у ЗМІ шляхом дослідження й експериментування. Так, лабораторія Knight Lab, поряд із сервісом для створення таймлайну, пропонує «для альтернативного оповідання історій» такі інструменти, як: Juxtapose, Scene, Soundcite, Storyline, StoryMap. Оскільки всі вони розроблені на одній

платформі, то мають схожий функціонал та особливості. Проте, як стверджують у самій же лабораторії, наразі найбільш відомим та затребуваним є інструмент TimelineJS.

Це дуже простий у використанні, абсолютно безкоштовний програмний засіб, цікавий насамперед тим, що тут є можливість створювати українськомовний контент. Щоб інформаційно наповнити подію, користувач може використовувати тексти, фото, аудіо, відео, географічні карти чи інші оцифровані документи. Також можна використовувати посилання на ресурси в Інтернеті, пов'язані з тією чи тією датою. У стрічці часу можна змінювати шрифти підписів до матеріалів, обрати порядок показу слайдів тощо.

Відмінна риса Timeline JS від інших середовищ полягає в тому, що в основі її роботи лежить механізм технології розподіленої обробки цифрових даних, за допомогою яких комп'ютерні ресурси надаються користувачеві в якості онлайн-послуг. Принцип роботи полягає в тому, що користувач задає в таблиці Google-диск потрібний для себе контент (хронологічні межі, опис події, цифровий матеріал, зовнішній вид), а потім за допомогою тегів html-розмітки відбувається автоматична синхронізація тексту. На сайті правовласника, у хмарному середовищі, здійснюється зв'язування таблиці з робочим плеєром (движком) Timeline JS і після генерації користувачу надається код (посилання) на уже готовий проєкт. Створена у цьому середовищі стрічка часу являє собою набір карток подій, розставлених у хронологічному порядку. Перегляд слайдів здійснюється послідовно, шляхом використання навігаційних кнопок «вперед-назад» або ж перетягуванням за повзунок на інтерактивній шкалі часу.

У нашій роботі «таймлайн», «стрічка часу» та «часова шкала» (це все синоніми) будемо розглядати як технологію, за допомогою якої здобувається освітня мета, натомість Timeline JS – це програмне забезпечення, готовий інформаційний продукт, завдяки якому відбувається представлення інтерактивного, мультимедійного контенту.

Так, стрічка часу (також відома як «timeline strips» або «timeline ribbons») часто використовується під час освітнього процесу для візуалізації комплексності подій або процесів у хронологічному порядку, а її створення дозволяє структурувати інформацію, що полегшує запам'ятовування матеріалу.

Створення таймлайну може бути корисним у таких випадках:

- навчальний матеріал є історією того чи того явища, факту, події;
- необхідно продемонструвати технологію процесу;
- ілюстрація зв'язків між тими чи тими подіями, явищами, процесами, періодами;
- візуалізація навчального матеріалу;
- проєктна робота студентів (оскільки стрічка часу створюється на основі таблиці Google, у користувача є можливість працювати разом у реальному часі з будь-якого пристрою та запросити співавторів для спільної роботи);
- презентація результатів досліджень у межах проєктної роботи (однією із переваг Timeline JS є наявність розширених можливостей для інтеграції з іншими мережевими ресурсами та соціальними медіа. Тому презентація проєкту можлива, наприклад, у Twitter, YouTube, Vimeo, Google Maps, Wikipedia, SoundCloud тощо).

У навчанні таймлайн використовують:

1. Історичні та соціальні науки. Студенти можуть створювати стрічки часу для відстеження хронології подій, таких як: історичні події, війни, революції, політичні зміни та інші соціально-культурні тенденції.

2. Літературний аналіз. Для відображення ключових літературних подій, творців, книг та літературних рухів. Таймлайн може бути корисним для візуалізації літературних тематичних сюжетів, таких як: «Винайдення писемності і розвиток першої літератури», «Доба Відродження» «Вільям Шекспір», «Мігель де Сервантес», «Поява класицизму та романтизму», «Творчість Вольтера та Жан-Жака Руссо», «Розвиток реалізму, поява визначних письменників, таких як Джейн Остін, Чарльз Дікенс», «Модернізм,

постмодернізм та експерименти у літературі», «Вплив інтернету на літературу і письменників» тощо.

3. Наука і техніка. Для відстеження розвитку наукових теорій, відкриттів, винаходів та технологічних проривів. До прикладу, тематика таймлайну науково-технічного сегменту: «Відкриття законів Ньютона про рух», «Винахід батареї», «Винахід електричної лампи», «Перший успішний пілотований політ», «Відкриття пеніциліну», «Перший запуск штучного супутника Землі», «Висадка на Місяць», «Створення комп'ютера», «Історія БД» (рис.2), «Винайдення Всесвітньої павутини (World Wide Web)», «Запуск першого смартфона», «Розробка вакцин проти COVID-19». Ці приклади стрічок часу демонструють значні події і перемоги в науково-технічній галузі, які мали глибокий вплив на розвиток науки, технологій та людського прогресу.



Рис.2. Приклад таймлайну за тематикою: «Історія БД»

4. Біографії та персоналії. Для подання важливих відомостей, які висвітлюють життєвий шлях, характеризують науково-дослідну, організаційну чи громадську діяльність.

5. Географія. Для показу послідовності географічних подій і змін у часі. Вони можуть включати рух континентів, зміни клімату, політичні та соціальні перетворення, дослідження формування гірських порід, зміни в ландшафтах, вулканічні виверження та інші геологічні процеси. Наприклад, таймлайн може відображати геологічну історію Землі, починаючи з формування і переміщення платформ та плит, і показати подальшу динаміку розвитку сучасних континентів. Таймлайн може також візуалізувати зміни клімату і льодовикові періоди, які вплинули на ландшафти і біологічне різноманіття.

Таймлайн можна використовувати для показу хронології війн та мирних угод, політичних змін і розвиток геополітичних подій, для відображення зміни кордонів країн, колонізацію та деколонізацію, зміни державності тощо. Візуалізація географічних подій допомагає географам і дослідникам краще розуміти географічне середовище і його еволюцію.

6. Природничі науки. Для показу послідовності подій, які спричиняють зміни і перетворення в навколишньому середовищі. Наприклад, таймлайн може показувати еволюцію життя на Землі, починаючи з формування перших прокаріотичних організмів

багато мільйонів років тому і закінчуючи сучасним різноманіттям організмів. У фізиці таймлайни можуть показувати етапи в розвитку теорії від Ньютонової механіки до теорії відносності Ейнштейна, а в хімії – послідовність дослідження атомної будови речовин.

7. Культура. Для відображення історії та розвитку культури, мистецтва, літератури, музики та інших аспектів культурного життя. До прикладу, за допомогою таймлайну можна продемонструвати ключові події і досягнення в культурологічному сегменті, такі як випуск нових творів, організацію культурних заходів, отримання нагород та реконструкцію культурно значущих споруд.

7. Соціальні зміни і реформи. Для відображення хронології соціальних тенденцій та змін у суспільстві з плином часу.

Таймлайн може бути використаний для відображення ключових соціальних тенденцій, рухів та подій. До прикладу, можна продемонструвати еволюцію нових соціальних рухів, таких як фемінізм і громадянські права. Або відслідкувати тенденції розширення жіночих прав і родинних ролей у суспільстві. Також можна представити візуалізацію культурного розмаїття, зростання інтересу до екології, збільшення інтеграції, розширення соціальної свідомості та вплив глобалізації протягом різних епох.

Для того, щоб розробити ефективний таймлайн, необхідно дотримуватися таких правил:

1. Використовувати першоджерела або перевірену, підтверджену інформацію.
2. Визначитися з перебігом часової шкали (погодинно, щоденно, помісячно, поквартально, за роками чи століттями).
3. Створюючи таймлайн, потрібно пам'ятати, що це не лише гарна візуалізація для привернення уваги, а й один із ефективних інструментів передачі інформації.
4. Контент має бути структурований і логічно пов'язаний між собою, а також містити коректні мультимедійні дані, що допоможе зрозуміти тему таймлайну.

Висновки. Технологія таймлайну як засіб осучаснення освіти не втрачає своєї актуальності і має тенденцію до впровадження в сучасну систему навчання. Використання таймлайну під час освітнього процесу є своєрідним проявом використання інноваційних технологій, які забезпечують лаконічність та візуалізацію в процесі підвищення мотивації студентів до навчання. Таймлайн як простий інструмент, що не вимагає певних знань, дозволяє зробити навчання більш творчим і результативним процесом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Le Monde. Trente ans d'innovations, de scandales et de memes : une chronologie du Web. Le Monde.fr. URL: https://www.lemonde.fr/pixels/visuel/2019/03/13/trente-ans-d-innovations-de-scandales-et-de-memes-une-chronologie-du-web_5435444_4408996.html (date of access: 28.09.2023).
2. History | The New York Times Company. The New York Times Company. URL: <https://www.nytc.com/company/history/> (date of access: 28.09.2023).
3. Timeline. BBC – Homepage. URL: <https://www.bbc.com/historyofthebbc/bbc-100/timeline/> (date of access: 28.09.2023).
4. Fischer H. The life of Queen Elizabeth II – a timeline. the Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/uk-news/ng-interactive/2022/sep/08/queen-elizabeth-ii-life-timeline-death> (date of access: 28.09.2023).
5. Lubar, S. (2013). Timelines in Exhibitions. Curator: The Museum Journal, 56 (2), 169–188. doi:10.1111/cura.12018.
6. Кисельова, О. Б. (2016). Формування в майбутніх педагогів навичок використання «стрічок часу» в освітньому процесі. *Фізико-математична освіта*, 4, 41–44.
7. Годованюк, Т. Л., Дубовик, В. В. (2019). Інтерактивні стрічки часу у навчанні майбутніх учителів математики. *Реалії і перспективи природничо-математичної*

підготовки у закладах освіти, зб. матеріалів наук.-практ. конф. Херсон, 94–96.

8. Jové Dominguez, J. (2022). Timeline Js. Revista De Humanidades Digitales, 7, 162–165.
9. Вербовий, Р. (2017). «Інструментарій створення мультимедійного контенту», Шевченко, В. (Ред.), Кросмедіа: контент, технології, перспективи (колективна монографія), Ін-т журналістики Київського нац. ун-ту імені Тараса Шевченка, Київ.
10. Timeline JS. Timeline JS. URL: <https://timeline.knightlab.com/> (date of access: 28.09.2023).

REFERENCES

1. Le Monde. Trente ans d'innovations, de scandales et de memes : une chronologie du Web. Le Monde.fr. URL: https://www.lemonde.fr/pixels/visuel/2019/03/13/trente-ans-d-innovations-de-scandales-et-de-memes-une-chronologie-du-web_5435444_4408996.html (date of access: 28.09.2023).
2. History | The New York Times Company. The New York Times Company. URL: <https://www.nytc.com/company/history/> (date of access: 28.09.2023).
3. Timeline. BBC – Homepage. URL: <https://www.bbc.com/historyofthebbc/bbc-100/timeline/> (date of access: 28.09.2023).
4. Fischer H. The life of Queen Elizabeth II – a timeline. the Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/uk-news/ng-interactive/2022/sep/08/queen-elizabeth-ii-life-timeline-death> (date of access: 28.09.2023).
5. Lubar, S. (2013). Timelines in Exhibitions. Curator: The Museum Journal, 56 (2), 169–188. doi:10.1111/cura.12018.
6. Kyselova, O. B. (2016). Formuvannia v maibutnikh pedahohiv navychok vykorystannia «strichok chasu» v osvitnomu protsesi. *Fizyko-matematychna osvita*, 4, 41–44.
7. Hodovaniuk, T. L., Dubovyk, V. V. (2019). Interaktyvni strichky chasu u navchanni maibutnikh uchyteliv matematyky. Realii i perspektyvy pryrodnycho-matematychnoi pidhotovky u zakladykh osvity, zb. materialiv nauk.-prakt. konf. Kherson, 94–96.
8. Jové Dominguez, J. (2022). Timeline Js. Revista De Humanidades Digitales, 7, 162–165.
9. Verbovyi, R. (2017), «Instrumentarii stvorennia multymediinoho kontentu», Shevchenko, V. (Red.), Krosmedia: kontent, tekhnolohii, perspektyvy (kolektyvna monohrafiia), In-t zhurnalistyky Kyivskoho nats. un-tu imeni Tarasa Shevchenka, Kyiv.
10. Timeline JS. Timeline JS. URL: <https://timeline.knightlab.com/> (date of access: 28.09.2023).

Tetiana Bondarenko

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Ukraine

DYNAMIC VISUALIZATION OF EDUCATIONAL MATERIAL USING THE TIMELINE JS MULTIMEDIA TOOL

The article discusses the features of using the Timeline.JS multimedia tool for visualizing educational material. The influence of information and communication technologies on the education sector leads to the fact that the visual way of presenting information becomes more popular and in demand, as a result of which there is a need to look for interactive approaches to the effective transfer of knowledge, skills and experience to consumers of educational services.

Attention is focused on the possibilities of using the timeline as a new tool for presenting different types of content. In the course of the study, the main areas of use of timelines were analyzed: in the media, in the field of art, and in education. Active software tools for creating timelines were identified, which include: Timeline.JS, Timetoast, Preceden, TIKI-TOKI, Timeline Maker, BEEDOCSTimeline, and as an additional tool, they are used by Canva and Prezi as part of cloud services.

It is noted that Timeline.JS is software, a ready-made information product, thanks to which

interactive, multimedia content is presented. An attempt was made to research the timeline as a "product" for use in the following categories: "Historical and Social Sciences", "Literary Analysis", "Science and Technology", "Biographies and Personalities", "Geography", "Natural Sciences", "Culture", "Social changes and reforms".

The rules for developing an effective timeline that can be used by educators as part of work on dynamic visualization of educational material are proposed.

Keywords: Timeline.JS, timeline, visualization, timeline, education, multimedia, timeline

Стаття надійшла до редакції 29.09.2023

The article was received 29 September 2023

УДК 37:004

Малицька І.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна

ORCID ID 0000-0003-1598-0120

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ: ДОСВІД ВЕЛИКОЇ БРИТАНІЇ

DOI 10.14308/ite000772

Стаття присвячена системі оцінювання інформаційно-цифрового середовища (ІЦС) школи на прикладі досвіду Великої Британії. Для підтримки і розвитку сучасного ІЦС є необхідним оцінювання його стану, що допоможе визначити: ефективність використання технологій; сильні та слабкі сторони політики цифровізації навчального закладу; подальші шляхи його ефективної цифровізації. Представлено інструмент самооцінювання Naase SRF (Self Review Framework), який створений та використовується освітянами Великої Британії вже понад 20 років, а також його структурні елементи, до розробки яких були залучені різні освітні організації (Управління стандартів у галузі освіти, дитячих послуг та навичок; освітні агентства; навчальні заклади; трастовий фонд тощо). Під час розробки враховувались Національні цифрові стратегії та думки освітньої спільноти. Представлено контрольні запитання, завдяки яким школа має можливість завчасно підготуватися перед проходженням процесу самооцінювання в Системі SRF. Зроблено опис процесу оцінювання, який проводиться на онлайн-платформі Naase, що складається з чотирьох рівнів. Представлено загальні питання, які ставлять представникам шкіл, охоплюючи такі напрями: лідерство та управління; викладання та навчання за допомогою технологій; оцінка цифрового потенціалу; захист цифрових даних; професійний розвиток; ресурси та технології. Зазначено про зручність використання інструменту, зважаючи на те, що дані процесу оцінювання зберігаються у системі, тому школи мають можливість самостійно проводити моніторинг розвитку цифровізації свого навчального закладу, формуючи подальші цифрові плани. Крім цього, у Системі розроблений знак якості NaaseMark, отримання якого мотивує школи підвищувати рівень технологізації. Аналіз наявних систем оцінювання ефективності інформаційно-цифрового середовища школи сприятиме створенню власного інструменту, який буде відповідати вимогам і потребам освітян України.

Ключові слова: цифровізація, інформаційно-цифрове середовище школи, оцінювання, Self Review Framework, Велика Британія

Вступ. Цифрова трансформація є одним із головних пріоритетів розвитку систем освіти як європейських країн, так і України. Підготовка майбутніх висококваліфікованих фахівців, які мають володіти сучасними цифровими навичками, відповідаючи на виклики цифрового суспільства, створення конкурентоспроможної цифрової економіки країни стає одним із головних завдань освіти.

Формування цифрової освітньої політики країн-членів Європейського Союзу спирається на низку спільно розроблених документів: *План дій цифрової освіти (2021–2027)* (Digital Education Action Plan – DEAP), *Європа, придатна для цифрової ери (A Europe fit for the Digital Age)* та *ЄС наступного покоління (Next Generation EU)*. Крім цього, *План дій*



Малицька І.

цифрової освіти окреслює подальші кроки для розвитку цифрової Європи, досягнення цілей *Європейського плану навичок* (European Skills Agenda), *Плану дій Європейського соціального рівня* (European Social Pillar Action Plan) та «*Цифрового компасу «2030: європейський шлях» для цифрового десятиліття*» (2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade).

Для успішної і послідовної цифрової освітньої трансформації європейськими країнами розроблені і впроваджуються цифрові освітні стратегії, які спираються на зазначені установчі документи ЄС, а також ураховують специфіку кожної країни, рівень цифровізації освіти, зміни, які відбуваються. Відповідно до освітніх стратегій велику увагу приділено закладам загальної середньої освіти, які мають формувати цифрові навички у школярів, починаючи з початкової школи. Для досягнення поставлених цілей важливим є створення інформаційно-цифрового середовища навчального закладу, яке має відповідати сучасним викликам.

Постановка проблеми. Згідно з дослідженням *Цифрова освіта у школі Європи* (Digital Education at School in Europe), проведеним у 2019 році освітньою мережею Eurydice (охоплено 43 системи освіти, включаючи 28 країн-членів Європейського Союзу), було визначено, що майже в усіх країнах затверджені та впроваджуються цифрові освітні стратегії: у країнах Східної та Південно-Східної Європи такі стратегії включені до більш масштабних державних стратегій; у країнах переважно в Західній, Центральній та Північній Європі (Болгарія, Чехія, Данія, Німеччина, Ірландія, Іспанія, Франція, Італія, Люксембург, Угорщина, Австрія, Словенія, Словаччина, Швеція, Велика Британія, Швейцарія та Норвегія) розроблені окремі освітні стратегії [7].

Кожна з освітніх стратегій має характерні пріоритети, притаманні кожній країні, з огляду на першочерговість їх реалізації, але головною ціллю всіх стратегій є формування успішної цифрової економіки. Маючи спільну мету – створити цифрову Європу, де одне з головних місць надається системам освіти, *Директорат освіти та навичок Організації економічного співробітництва та розвитку* (OECP) (Directorate for Education and Skills OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)) проводить моніторинг процесу впровадження цифрових стратегій в освіті в країнах, які входять до її складу. У звіті 2020 року *Цифрові стратегії в освіті в країнах ОЕСР: вивчення освітньої політики щодо цифрових технологій* (Digital strategies in education across OECD countries: Exploring education policies on digital technologies) було зазначено, що цифрова трансформація економік залежить від вчасного впровадження і підтримки цифрових інновацій, підтримки цифровізації освіти на державному рівні, що підтверджується основними цілями цифрових освітніх стратегій більшості країн, охоплених дослідженням, які спрямовані на: перспективне планування цифровізації освіти, передбачаючи впровадження сучасних технологій, створених на основі штучного інтелекту, доповненої та віртуальної реальності; створення цифрових навчальних середовищ; розробку і впровадження онлайн освітніх платформ, порталів; оцінювання цифрових освітніх ресурсів; моніторинг ефективності використання цифрових освітніх технологій в адмініструванні та навчальному процесі закладів освіти; захист даних та інформації [8].

З огляду на важливість закладів загальної середньої освіти в цьому процесі більшість європейських країн налаштована на надання інвестицій для підтримки розвитку цифрової інфраструктури шкіл, що зазначено в цілях цифрових освітніх стратегій більшості країн. Інвестиції в цифрову інфраструктуру шкіл визначено як основний напрям цифрової стратегії в Болгарії, Італії та Угорщині, але спільною загальною проблемою, яка заважає успішній цифровізації навчальних закладів, залишається недостатня кількість цифрових пристроїв (комп'ютерів, планшетів) та належне підключення до Інтернету, що зазначено всіма учасниками дослідження.

Незважаючи на те, що більшість країн Європи мають свої цифрові освітні стратегії, на рівні школи дуже складно оцінити стан їх упровадження з огляду на те, що моніторинг та

оцінювання цього процесу відбувається на нерегулярній основі. Країнами-лідерами з оцінювання, моніторингу і нагляду за проходженням цифровізації систем освіти можна зазначити вісім країн: Фламандська спільнота Бельгії, Болгарія, Чехія, Естонія, Швеція, Велика Британія-Шотландія, Чорногорія та Норвегія. З метою підтримки та моніторингу цифровізації освіти, особливо на рівні школи, створені зовнішні агентства, які підтримуються державними органами управління освіти. У більшості охоплених дослідженням країнах існує лише одне таке агентство, тоді як у семи інших країнах (Естонія, Греція, Литва, Австрія, Польща, Словенія та Швеція) існують декілька інституцій такого напрямку, що надають підтримку школам, керівникам шкіл, учителям, учням та політикам з освіти. Крім цього, вони пропонують цілу низку різноманітних послуг, таких як: здійснення постійного професійного розвитку, створення та розповсюдження цифрових ресурсів, підвищення рівня цифрових навичок, надання методів та інструментів з оцінювання, запуск цифрових платформ та розробка і підтримка діючої цифрової інфраструктури [7].

Найбільш розповсюдженим на цей час інструментом для оцінювання інформаційно-цифрового середовища школи, визначення рівня цифровізації навчального закладу залишається безкоштовний онлайн-інструмент SELFIE (Self-reflection on Effective Learning by Fostering the use of Innovative Educational Technologies – Саморефлексія з ефективного навчання шляхом сприяння використанню інноваційних освітніх технологій), створений за підтримки Європейської Комісії, спираючись на міжнародний рамковий документ DigCompOrg. Маючи свій досвід цифровізації навчальних закладів, у деяких системах освіти країн Європи розроблені і використовуються свої інструменти оцінювання, що враховують характерні особливості країни, реалії і стан цифрової трансформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема цифровізації систем освіти, створення та моніторингу ефективності інформаційно-цифрового середовища в закладах загальної середньої освіти є актуальною для багатьох науковців.

Аналіз науково-методичного забезпечення цифровізації освіти України надано в доповіді «Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи» (В. Ю. Биков, О. І. Ляшенко, С. Г. Литвинова, В. І. Луговий, Ю. І. Мальований, О. П. Пінчук, О. М. Топузов) [2].

Проблемі створення і використання інформаційно-цифрового середовища закладів загальної середньої освіти присвячені роботи О. В. Овчарук, М. П. Лещенко, Л. А. Карташова, І. В. Іванюк, О. О. Гриценчук, І. Д. Малицька, О. Є. Кравчина [5]; досвід із використання онлайн-сервісів для створення цифрового контенту під час підвищення кваліфікації педагогічних працівників і керівників закладів професійної (професійно-технічної) освіти висвітлюють С. Антошук, А. Геревенко [1], [3].

Методику оцінювання цифровізації початкової та середньої школи, використовуючи SELFIE, розглянуто у роботах Anna Mišianiková, Veronika Hubenakova, Marian Kireš, Maria Babincakova [6]; розробці систем оцінювання в освіті присвячено дослідження Thomas Langenfeld, Jill Burstein, Alina A. von Davier [14]; Haya Altaieb, Malak Shatnawi and Zoltán Rajnai у своїх роботах висвітлюють методики оцінювання в цифровій освіті [9]; оцінювання впливу цифрових технологій на навчання студентів розглянуто у роботах Isaiah T. Awidi1, Mark Paynter [10].

Мета дослідження – проаналізувати методи та інструменти оцінювання ефективності інформаційно-освітнього середовища закладів загальної середньої освіти, що використовують у своїй практиці освітяни Великої Британії як однієї з країн-лідерів цифровізації освіти в європейському просторі, використання ІКТ в освіті, а також яка має досвід із розроблення та проведення моніторингу успішності цифровізації навчальних закладів.

Дослідження проводилось у межах НДР Інституту цифровізації освіти НАПН України
№ 0123U100497 «Методика моніторингових досліджень ефективності

інформаційно-цифрового середовища закладів загальної середньої освіти у контексті євроінтеграції України».

Виклад основного матеріалу. Одним із головних завдань цифрової освітньої стратегії Великої Британії є створення ефективної навчальної інфраструктури ІКТ, базою для якої має бути відповідність наданих цифрових послуг (наявність і доступ до цифрових пристроїв та Інтернету). Особливий наголос робиться на спільній взаємодії бізнес- та освітніх структур, позитивні результати співпраці між якими підтвердились за останні роки. На таку взаємодію покладаються великі сподівання щодо створення високоякісної освітньої продукції, яка відповідатиме сучасним вимогам та викликам. Підготовка вчителів до використання новітніх технологій і впровадження їх у практику визначена основною метою. Крім цього, зазначено необхідність розробки європейського стандарту цифрових навичок і грамотності учнів. Важливою частиною цифрової освітньої стратегії визначено забезпечення цифрової безпеки, дотримання відповідних стандартів, розроблених Національним центром кібербезпеки, забезпечення захисту даних та інформації навчальними закладами у своїй діяльності. Цифрова освітня стратегія є основою та орієнтиром для формування цифрового плану школи, шляхів та розвитку її цифровізації [8].

Необхідність моніторингу стану цифровізації шкіл підтверджується звітом, підготовленим незалежною консалтинговою компанією з економічних та бізнес-досліджень Cebr (Centre for Economics and Business Research Ltd), заснованою в 1992 році, який представляє рівень цифрових знань у школах Великої Британії (січень 2020 року). У ньому зазначено, що за останні двадцять років цифрові технології перемістилися з периферії в ядро освітньої системи Великої Британії, вони мають багато переваг, включаючи різноманітніший вибір навчальних матеріалів, оптимізацію адміністративних завдань і більшу гнучкість в адаптації освітнього контенту до індивідуальних потреб учнів. У звіті зазначено, що тільки у 49% шкіл рівень цифрових знань визначений як задовільний. Кожна п'ята школа Великої Британії класифікується як така, що має відмінний рівень цифрових знань. 50% опитаних вчителів вважають, що нові технології, запроваджені в їх школі за останні п'ять років, покращили результати навчання у порівнянні з лише 5%, які заявили протилежне. Однак, половина вчителів зазначає неналежний рівень техніки в їх школах. У сукупності ці результати показують не лише те, що технології мають позитивний вплив на школи, але й те, що вчителі бачать потенціал для ще більших здобутків у майбутньому, якщо рівень цифрової грамотності буде підвищений. Окрім цього, було зазначено, що фінансування та інвестиції є невід'ємними компонентами вдосконалення технологічного забезпечення школи. На думку вчителів, рівень цифрової грамотності у багатьох школах знижується через обмежену кількість технологій, які надаються учням для використання поза звичайним шкільним часом. Одним із основних способів, за допомогою якого вчителі вважають, що їх школи можуть покращити свій технологічний рівень, є підвищення кваліфікації вчителів і персоналу школи щодо використання технологій. Крім цього, зазначена важливість креативного підходу до фінансування нових технологій, наприклад, через оренду обладнання або використання різних схем фінансування [13].

Моніторинг рівня цифровізації навчального закладу визначає не тільки реальну ситуацію, але й досягнення і подальші перспективи впровадження цифрових технологій на всіх рівнях діяльності школи. Підходи та методи оцінювання можуть бути різними, але основною ціллю залишається надати навчальним закладам можливість самостійно оцінювати цифровий рівень школи, цифрові компетентності викладацького складу, адміністрації, учнів, мотивувати їх до подальшого особистісного розвитку цифрової грамотності.

Оцінювання рівня цифровізації шкіл в Англії відбувається під час перевірки шкіл представниками інспекції відповідності затвердженим освітнім стандартам, рекомендаціям та настановам Департаменту освіти, який є основним регулятором процесу цифровізації системи освіти. Розроблені стандарти мають допомогти та окреслити стан, перспективи

кожної школи окремо відповідно до різних напрямів (менеджменту, викладанню, організації навчального процесу тощо), створюючи сучасну цифрову інфраструктуру школи. Одним із таких документів є «Моніторинг прогресу та впливу стратегії “Управління шкільними ресурсами”»: Побудова потужнішої системи», затверджений у червні 2023 року, який є керівництвом для адміністрації школи, ІТ-персоналу, постачальникам освітніх послуг, ІТ-консультантам, викладачам у плануванні та організації необхідної цифрової інфраструктури школи, впровадженню технологій і практик з їх використання [11].

Успішність цифрової трансформації загальної середньої освіти залежить від відповідності навчальних закладів сучасним цифровим вимогам, створенню необхідної інформаційно-цифрової інфраструктури. До цих процесів у Великій Британії залучені освітні державні та приватні організації, бізнес-структури, які підтримують цифрове осучаснення навчальних закладів. Важливу роль у цьому процесі відіграє Національна асоціація освітніх технологій – Нааасе (офіційна назва до 2006 року – Національна асоціація консультантів з комп’ютерів в освіті – National Association of Advisers For Computers in Education) – спільнота вчителів, керівників шкіл, радників, консультантів та комерційних партнерів, які працюють у всіх сферах освіти країни та поділяють спільне бачення розвитку ролі технологій в освіті [12].

Нааасе надає підтримку різним представникам освітнього сектору, пропонуючи навчальні ресурси, курси, проводячи дослідження, підтримуючи професійний розвиток учителів, керівників шкіл, налагоджуючи зв’язки і співробітництво освітнього і промислового секторів.

Крім цього, Нааасе займається моніторингом цифровізації шкіл, розроблюючи відповідні інструменти, тим самим підтримуючи школи і допомагаючи їм створювати, впроваджувати і вдосконалювати ефективну цифрову інфраструктуру школи.

Таким інструментом є *Система самооцінки Нааасе* (Naace Self Review Framework – SRF), започаткована у 1998 році. *Система самооцінки Нааасе* (далі *Система*) – онлайн-інструмент, який допомагає школам визначити рівень, на якому знаходиться школа, розробити подальші кроки цифрового плану щодо вдосконалення використання технологій, вийти на вищий рівень за допомогою освітніх технологій. *Система* є платною, у межах шкільного членства вона становить 75 фунтів стерлінгів на рік, призначена для підтримки всіх шкіл і є доповненням до результатів шкільної системи самооцінювання (School Evaluation Framework – SEF). Спочатку *Система* була розроблена компанією Becta, а зараз повністю передана компанії Нааасе. *Система* стала результатом співпраці між Becta, Ofsted, Агентством з розробки кваліфікацій та навчальних програм (Qualifications and Curriculum Development Agency), Агентством з навчання та розвитку (Training and Development Agency – TDA), Національним коледжем шкільного лідерства (National College for School Leadership – NCSL), Національними стратегіями, Трастовим фондом спеціалізованих шкіл та академій (Specialist Schools and Academies Trust – SSAT) та Нааасе, а також порад та рекомендацій від широкого кола партнерів та зацікавлених сторін [14].

Ще у травні 2008 року Becta опублікувала Посібник для керівників шкіл «Що таке система самоаналізу?» (What is the self-review framework? A guide for school leaders), у якому були окреслені основні підходи щодо самооцінювання школи, запропоновані структурні частини, які згодом були дещо змінені і розширені, а також стали основою для наявної *Системи самооцінювання (SRF)*. *Система* існує вже понад двадцять років і регулярно оновлюється відповідно до розвитку новітніх освітніх технологій та їх впровадження в освітній процес. Останнє оновлення відбулося у 2021 році.

На цей час до *Системи* входить шість структурних елементів:

- ☐ Лідерство та управління
- ☐ Викладання та навчання за допомогою технологій
- ☐ Оцінка цифрового потенціалу

- ☐ Захист цифрових даних
- ☐ Професійний розвиток
- ☐ Ресурси та технології

Кожна з організацій, яка взяла участь у розробці, зробила свій внесок у формулювання певних розділів, окреслюючи основні цілі.

Так, елементи лідерства та управління, розроблені у партнерстві з *Національним коледжем шкільного лідерства*, мають сприяти:

- розробці та поширенню спільного бачення ІКТ;
- плануванню стійкої ІКТ-стратегії;
- розробці ефективної стратегії управління інформацією.

Сформульовані у партнерстві з *Національними стратегіями*, елементи планування підтримують школи та спонукають їх до:

- планування розвитку ІКТ-потенціалу учнів;
- планування використання технологій для підтримки навчальної програми та відповідного реагування на впровадження нових технологій;
- забезпечення прогресивності, послідовності, збалансованості та узгодженості досвіду учнів у галузі ІКТ;
- визначення та оцінювання впливу технологій на навчання та викладання.

Навчальні елементи, сформульовані *Becta*, мають підтримати школи та ставлять перед ними завдання:

- планувати використання технологій для покращення навчання і викладання;
- відповідати очікуванням учнів щодо використання технологій;
- урахувати вплив технологій на навчання.

Елементи оцінювання, розроблені у партнерстві з *Управлінням з питань кваліфікацій та навчальних програм*, підтримують школи та спонукають їх до:

- оцінювання здатності учнів використовувати ІКТ для підтримки їхнього навчання;
- використання результатів оцінювання при плануванні навчання та викладання за всіма навчальними програмами;
- оцінювання результатів навчання з конкретних предметів із застосуванням ІКТ.

Елементи професійного розвитку, розроблені у партнерстві з *Агенцією з навчання та розвитку шкіл*, підтримують школи та ставлять перед ними завдання:

- визначати та задовольняти потреби школи та окремих працівників у навчанні ІКТ;
- надавати якісну підтримку та навчальні заходи для всього персоналу щодо використання ІКТ та обміну ефективними практиками;
- переглядати, контролювати та оцінювати професійний розвиток.

Сформульований *Becta*, ресурсний елемент підтримує школи та спонукає їх до:

- забезпечення ефективного використання технологій у навчально-викладацькому середовищі відповідно до стратегічних потреб;
- закупівлі, впровадженню та аналізу належного використання технологічних ресурсів, які відображають стратегію вдосконалення школи;
- ефективного управління технічною підтримкою на користь учнів та персоналу.

На початку роботи з *Системою* рекомендовано зробити самооцінку навчального закладу, відповівши на шість контрольних запитань, що допоможе зрозуміти, які з шести структурних елементів *Системи* є найменш розвиненими в навчальному закладі. Крім того, користуючись цією інформацією, користувач може визначитися, з якого із елементів *Системи* йому почати оцінювання.

Школи по-різному підходять до цих запитань: дехто починає з обговорення, щоб досягти спільного бачення всього штату школи, в інших школах співробітники колективно відповідають на всі запитання. У такий спосіб уже на цьому етапі, ґрунтуючись на сприйнятті персоналу, є інформація про загальне уявлення щодо використання технологій у школі і бачення персоналом перспектив їх подальшого впровадження. Чим більше співробітників буде залучено до проведення самооцінки, тим більшу користь отримає школа.

Контрольні запитання відповідно до структурних елементів Системи самооцінювання

Структурні елементи	Контрольні запитання	Відповіді співробітників				
		Не знаю	Ні	Трохи	Так	Суттєво
Лідерство та управління	Чи відчувають співробітники заохочення та підтримку з боку колег на всіх рівнях у розробці та поширенні нових практик з використанням технологій?					
Викладання та навчання	Чи допомагає використання технологій вчителям у школі та за її межами працювати більш ефективно, а учням ефективніше навчатися та бути впевненими у собі?					
Оцінка цифрового потенціалу	Чи існує ефективне оцінювання прогресу з розвитку технологічної компетентності учнів?					
Захист цифрових даних	Чи забезпечує політика школи дотримання учнями та іншими членами шкільної спільноти правил безпечної поведінки в школі та поза неї?					
Професійний розвиток	Чи можуть співробітники пояснити, чому і як вони використовують технології під час уроку та у своїй професійній діяльності?					
Ресурси та технології	Чи доступні потрібні технологічні ресурси, включно з апаратним і програмним забезпеченням для цифрового навчання та управління школою, у потрібному місці в потрібний час?					

Після отримання відповідей співробітників школи та прийняття рішення щодо першочергового структурного елементу для оцінювання, зареєстровані представники школи можуть розпочати процес оцінювання. Для отримання доступу до *Системи* користувач (представник школи) повинен створити обліковий запис учасника Naace School, існує можливість участі і створенні окремих облікових записів для ще 2-х представників навчального закладу, яким надається доступ до *Системи*. Після створення облікових записів надсилається лист на пошту *Системи* membership@naace.org.uk для налаштування, яке

здійснюється протягом 48 годин. На сайті користувачі мають можливість звернутися до експертів, які підтримують *Систему*, надають роз'яснення під час оцінювання.

Самооцінювання передбачає критичне, об'єктивне бачення реальної ситуації у навчальному закладі відповідно до шести окреслених структурних елементів:

□ *Лідерство та управління*: яке бачення має керівництво школи щодо впровадження та розвитку технологій у навчальному закладі; яким чином відбувається фінансування із закупівлі необхідних технологій; як адміністрація впливає на розвиток технологій та Цифрову стратегію школи; яку політику веде адміністрація школи із цифрової безпеки; яку підтримку здійснює школа для мотивації щодо використання технологій; чи відповідає цифрова діяльність школи чинному законодавству.

□ *Викладання та навчання за допомогою технологій*: як використовуються технології під час освітнього процесу як учителями, так і учнями, у школі та поза нею; чи проводиться ефективно оцінювання використання технологій як учителями, так і учнями; чи вмотивовані вчителі до використання технологій та чи заохочують вони до цього учнів; чи допомагають учителі розвитку технологічної компетентності учнів і яким чином.

□ *Оцінка цифрового потенціалу*: чи ефективно використовують цифрові технології учні; чи зберігаються цифрові роботи учнів і яким чином; чи проводиться оцінювання зростання рівня цифрової грамотності учнів; чи можуть учні демонструвати свої здобутки із цифрової грамотності всім іншим учням; чи можуть учні проводити самооцінювання своїх цифрових досягнень, а також оцінювати цифрові досягнення інших учнів та яким чином.

□ *Захист цифрових даних*: чи усвідомлює адміністрація школи свою відповідальність за забезпечення безпечного та захищеного технологічного середовища для учнів та персоналу; чи має школа системи, які відповідають мінімальним вимогам безпеки; чи мають школи системи моніторингу та звітності з питань безпеки; чи захищені ключові дані, а ключові користувачі обізнані з деякими інструментами, доступними для передачі даних до державних органів; чи існують певні системи, які захищають дані, мережу та пристрої, як у школі, так і поза нею, не впливаючи на їх використання; чи існують деякі безпечні системи резервного копіювання та передачі даних; чи проводить школа аналіз ризиків та впливів на учнів і персонал щодо конфіденційності та захисту даних, які зберігаються на шкільних пристроях і в хмарних системах.

□ *Професійний розвиток*: чи існує планування для визначення індивідуальних технологічних потреб персоналу; чи професійний розвиток більш пов'язано з появою нових технологій або ресурсів і зосереджується на технологічних навичках, ніж на використанні технологій для покращення навчання та викладання; чи залучений персонал до професійних спільнот, у яких існує обмін досвідом; яким чином формуються плани професійного розвитку; чи оцінюється регулярно ефективність навчання; чи всі співробітники проходять навчання щодо стратегії захисту цифрових даних, яка діє в школі.

□ *Ресурси та технології*: чи створене відповідне цифрове освітнє середовище у школі; чи існує спеціальне положення та можливість для використання онлайн-навчання; чи має школа підключення до Wi-Fi, яке забезпечує безпечний і належний доступ для всіх користувачів школи з багатьох місць у межах школи; чи планує школа покращити мережну інфраструктуру та яким чином; чи використовуються технології для підтримки управлінських рішень; чи розширює школа використання технологій для виконання своїх бізнес-функцій; чи регулярно школа створює резервні копії даних; чи питання захисту даних вирішуються відповідно до чинного законодавства; чи технологічні ресурси закуповуються ефективно з точки зору загальної вартості володіння та співвідношення ціни та якості; чи правила закупівель загалом зрозумілі, і школа вирішує питання безпечної утилізації електронного обладнання та інформації з урахуванням впливу на навколишнє середовище; чи технічна підтримка дозволяє задовольнити більшість вимог до викладання і навчання та

підтримати впровадження хмарної інфраструктури; чи працює школа у партнерстві з наявною службою для моніторингу якості надання послуг та надає певний внесок провайдеру, щоб впливати на потреби професійного розвитку.

Наданий перелік питань є загальним. Кожний структурний елемент має 4 рівні (4-й – найвищий) з конкретизацією позицій, що дає можливість об'єктивно оцінити цифровий стан навчального закладу, рівень, на якому він знаходиться, визначити сильні і слабкі сторони, окреслити подальші дії відповідно до цифрового плану для досягнення більш високого рівня.

Якщо школа після проходження оцінювання демонструє 4-й рівень за всіма елементами, вона отримує знак з ІКТ – NaaceMark, який акредитований на національному рівні, що надає школі визнання як лідера з використання технологій для підтримки навчання та управлінської діяльності. У грудні 2021 року для процесу нагородження NaaceMark асоціація Naace отримала сертифікат міжнародного стандарту систем управління якістю ISO 9001:2015.

Можна заздалегідь підготуватися до проходження самооцінювання, основні матеріали розміщені на сайті Системи у вільному доступі. На сьогодні понад 16 000 шкіл скористалися перевагами онлайн-системи SRF. Усі дані проходження оцінювання зберігаються у Системі, тому можна спостерігати і планувати цифровий розвиток школи.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Швидкий розвиток технологій спонукає вчасно вирішувати проблеми стосовно їх упровадження в освітній процес. Створення сучасного інформаційно-цифрового середовища (ІЦС) у закладах загальної середньої освіти стає вимогою часу. Відповідність ІЦС викликам сьогодення потребує його інформаційного, технічного, навчально-методичного забезпечення. Для визначення реального стану рівня цифровізації навчального закладу є необхідним проводити оцінювання, яке охоплює всі складові ІЦС. З цією метою створюють різні інструменти оцінювання, наприклад, SELFIE (Self-reflection on Effective Learning by Fostering the use of Innovative Educational Technologies – Саморефлексія з ефективного навчання шляхом сприяння використанню інноваційних освітніх технологій), створений за сприяння Європейської Комісії, яким користуються освітяни багатьох європейських країн, зокрема й України. Аналізуючи європейський освітній простір, можна зазначити, що деякі країни Європи, зокрема Велика Британія, мають досить великий досвід у створенні своїх систем оцінювання, спираючись на національні особливості, потреби та бачення. Наявна понад 20 років система самооцінювання Naace SRF (Self Review Framework) відіграє велику роль для навчальних закладів країни у визначенні їх рівня цифровізації, слабких і сильних сторін, окреслення наступних дій для підвищення технологічного рівня. Вивчення такого досвіду, підтвердженого часом, має допомогти у створенні власної системи оцінювання в українській освіті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антошук, С. В. (2022). Досвід підвищення кваліфікації педагогічних працівників та керівників закладів професійної (професійно-технічної) освіти щодо використання онлайн-сервісів для створення цифрового контенту. *Управління розвитком ЗП(ПТ)О на засадах педагогічної логістики: стан, реалії, досвід : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф.* (Київ, 17 листоп. 2022 р.). Київ : Аналітичний вісник у сфері освіти й науки: довідковий бюлетень Випуск 17, 2023 ДНПБ України ім. В.О. Сухомлинського м. Київ, Україна 92 ДЗВО «УМО» НАПН України ; Чернівці : Букрек, 52–55. URL: http://umo.edu.ua/images/content/institutes/cipo/kaf_UPOP/Збірник_тез_1912.2022_логістика.pdf#page=52 (дата звернення: 30.08.2023).
2. Биков, В. Ю., Ляшенко, О. І., Литвинова, С. Г., Луговий, В. І., Мальований, Ю. І., Пінчук, О. П., Топузов, О. М. (2022). *Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти*

- України: стан, проблеми, перспективи / за заг. ред. Кременя В. Г.. Київ: ІЦО НАПН України. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/733151> (дата звернення: 30.08.2023).
3. Геревенко А. М. Використання цифрових інструментів для створення сучасного освітнього контенту. *Аналітичний вісник у сфері освіти й науки: довідковий бюлетень Випуск 17*, 2023 ДНПБ України ім. В.О. Сухомлинського м. Київ, Україна 93 практичний онлайн-форум «Інноваційні трансформації в сучасній освіті: виклики, реалії, стратегії» / Нац. центр «Мала академія наук України». Київ, 2022. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/732941> (дата звернення: 30.08.2023).
 4. Гуралюк, А. Г., Пономаренко, Л. О. (2023). Педагогіка як інноваційний освітній тренд. *Аналітичний вісник у сфері освіти й науки: довідковий бюлетень*. ДНПБ України ім. В. О. Сухомлинського, м. Київ, Україна, 17.
 5. Овчарук, О. В., Гриценчук, О. О., Іванюк, І. В., Карташова, Л. А., Кравчина, О. Є., Лещенко, М. П., Малицька, І. Д. (2022). *Розвиток інформаційно-цифрового навчального середовища закладу загальної середньої освіти : методичний посібник*. Київ: ІЦО НАПН України. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/734207> (дата звернення: 30.08.2023).
 6. Mišianiková, A., Hubenakova, V., Kireš, M., Babincakova, M. (2021). Assessment of Digitalization in Primary and Secondary Schools by SELFIE Survey as a part of School Leaders Training November 2021. Conference: *19th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)* doi:10.1109/ICETA54173.2021.9726580
 7. Digital Education at School in Europe European Commission/EACEA/Eurydice, 2019. *Digital Education at School in Europe*. Eurydice Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d7834ad0-ddac-11e9-9c4e01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-105790537>
 8. *Digital strategies in education across OECD countries: Exploring education policies on digital technologies*, OECD Education Working Papers No 226, 2020, doi:<https://dx.doi.org/10.1787/33dd4c26-en>
 9. Altaieb H., Shatnawi M., Rajnai, Z. (2023). Digital Education: Governments' Strategies, Teaching Tools in the European Union and a Case Study of Digital Transformation in Budapest *Interdisciplinary Description of Complex Systems : INDECS*, 21, 2, doi: <https://doi.org/10.7906/indecs.21.2.3>
 10. Awidi1, I. T., Paynter M. (2022). An Evaluation of the Impact of Digital Technology Innovations on Students' Learning: Participatory Research Using a Student-Centred Approach August 2022 *Technology, Knowledge and Learning*, doi:10.1007/s10758-022-09619-5
 11. *Monitoring progress and impact of the strategy School Resource Management: Building A Stronger System*, Department for Education, June 2023, URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1161148/Monitoring_progress_and_impact_of_the_strategy.pdf
 12. NAACE The Education Technology Association, URL: <https://www.naace.co.uk/about.html>
 13. Technology in UK schools. A report for Lenovo, January 2020. URL: <https://www.lenovo.com/origind8/sites/default/files/2020-01/Technology-in-schools-whitepaper.pdf>
 14. The Naace Self Review Framework (SRF), URL: <https://www.naace.co.uk/si-srf.html>
 15. Langenfeld T., Burstein, J., von Davier, A. A. (2022). Digital-First Learning and Assessment Systems for the 21st Century Front. Educ., 09 May 2022 Sec. *Assessment, Testing and Applied Measurement* Volume 7 – 2022, doi: <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.857604>

REFERENCES

1. Antoshchuk, S. V. (2022). Dosvid pidvyshchennia kvalifikatsii pedahohichnykh pratsivnykiv ta kerivnykiv zakladiv profesiinoi (profesiino-tekhnichnoi) osvity shchodo vykorystannia onlain-servisiv dlia stvorennia tsyfrovoho kontentu [Experience of professional

- development of pedagogical staff and managers of vocational education institutions on the use of online services for creating digital content]. *Upravlinnia rozvytkom ZP(PT)O na zasadakh pedahohichnoi lohistyky: stan, realii, dosvid : materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. (Kyiv, 17 lystop. 2022)*. Kyiv : Analitychnyi visnyk u sferi osvity y nauky: dovidkovyi biuleten Vypusk 17, 2023 DNPB Ukrainy im. V.O. Sukhomlynskoho m. Kyiv, Ukraina 92 DZVO «UMO» NAPN Ukrainy ; Chernivtsi : Bukrek, 52–55. Retrieved from: http://umo.edu.ua/images/content/institutes/cipo/kaf_UPOP/36ірник_тез_1912.2022_логістика.pdf#page=52 [in Ukrainian]
2. Bykov, V. Yu., Liashenko, O. I., Lytvynova, S. H., Luhovyi, V. I., Malovanyi, Yu. I., Pinchuk, O. P., Topuzov, O. M. (2022). *Naukovo-metodychne zabezpechennia tsyfrovizatsii osvity Ukrainy: stan, problemy, perspektyvy* [Scientific and Methodological Support for the Digitalisation of Education in Ukraine: Status, Problems, Prospects] za zah. red. Kremenii V. H.. Kyiv: ITsO NAPN Ukrainy. Retrieved from: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/733151> [in Ukrainian]
 3. Herevenko, A. M. (2023). Vykorystannia tsyfrovyykh instrumentiv dlia stvorennia suchasnoho osvitnoho kontentu. [Using digital tools to create modern educational content]. *Analitychnyi visnyk u sferi osvity y nauky: dovidkovyi biuleten Vypusk 17, 2023 DNPB Ukrainy im. V.O. Sukhomlynskoho m. Kyiv, Ukraina 93* praktychnyi onlain-forum «Innovatsiini transformatsii v suchasnii osviti: vyklyky, realii, stratehii» / Nats. tsentr «Mala akademiia nauk Ukrainy». Kyiv, 2022. Retrieved from: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/732941> [in Ukrainian]
 4. Huraliuk, A. H., Ponomarenko, L. O. (2023). Pedahohika yak innovatsiinyi osvitnii trend.[Pedagogy as an innovative educational trend]. *Analitychnyi visnyk u sferi osvity y nauky: dovidkovyi biuleten Vypusk 17, 2023 DNPB Ukrainy im. V.O. Sukhomlynskoho m. Kyiv, Ukraina* [in Ukrainian]
 5. Ovcharuk, O. V., Hrytsenchuk, O. O., Ivaniuk, I. V., Kartashova, L. A., Kravchyna, O. Ie., Leshchenko, M. P., Malytska, I. D. (2022). *Rozvytok informatsiino-tsyfrovoho navchalnoho seredovyscha zakladu zahalnoi serednoi osvity : metodychnyi posibnyk* [Development of the information and digital learning environment of a general secondary education institution: a methodological guide] / Kyiv: ITsO NAPN Ukrainy. Retrieved from: <https://lib.iitta.gov.ua/734207> [in Ukrainian]
 6. Mišianiková, A., Hubenakova, V., Kireš, M., Babincakova, M. (2021). Assessment of Digitalization in Primary and Secondary Schools by SELFIE Survey as a part of School Leaders Training November 2021 Conference: *19th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, doi:10.1109/ICETA54173.2021.9726580 [in English]
 7. Digital Education at School in Europe European Commission/EACEA/Eurydice (2019). *Digital Education at School in Europe*. Eurydice Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Retrieved from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d7834ad0-ddac-11e9-9c4e01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-105790537> [in English]
 8. *Digital strategies in education across OECD countries: Exploring education policies on digital technologies* (2020), OECD Education Working Papers, 226, doi: <https://dx.doi.org/10.1787/33dd4c26-en> [in English]
 9. Altaieb H., Shatnawi, M., Rajnai, Z. (2023). Digital Education: Governments' Strategies, Teaching Tools in the European Union and a *Case Study of Digital Transformation in Budapest Interdisciplinary Description of Complex Systems : INDECS*, 21, 2, doi: <https://doi.org/10.7906/indecs.21.2.3> [in English]
 10. Awidi1, I. T., Paynter, M. (2022). An Evaluation of the Impact of Digital Technology Innovations on Students' Learning: Participatory Research Using a Student-Centred Approach August 2022. *Technology, Knowledge and Learning*, doi:10.1007/s10758-022-09619-5 [in English]
 11. *Monitoring progress and impact of the strategy School Resource Management: Building A Stronger System*, Department for Education, June 2023. Retrieved from:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1161148/Monitoring_progress_and_impact_of_the_strategy.pdf [in English]

12. NAACE The Education Technology Association. Retrieved from: <https://www.naace.co.uk/about.html> [in English]

13. Technology in UK schools. A report for Lenovo, January 2020. Retrieved from: <https://www.lenovo.com/origind8/sites/default/files/2020-01/Technology-in-schools-whitepaper.pdf> [in English]

14. The Naace Self Review Framework (SRF). Retrieved from: <https://www.naace.co.uk/si-srf.html> [in English]

15. Langenfeld, T., Burstein, J., von Davier, A. A. (2022). Digital-First Learning and Assessment Systems for the 21st Century Front. Educ., 09 May 2022 Sec. *Assessment, Testing and Applied Measurement*, 7, doi: <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.857604> [in English]

Iryna Malytska

Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE INFORMATION AND DIGITAL ENVIRONMENT OF GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS: THE GREAT BRITAIN EXPERIENCE

The article is devoted to the system of assessment of the school's information and digital environment (IDE) on the example of the Great Britain experience. In order to maintain and develop a modern IDE, it is necessary to assess its state, which will help determine: the effectiveness of technology use; strengths and weaknesses of the school's digitalisation policy; further ways of its effective digitalisation. The article presents the Naace SRF (Self Review Framework) self-assessment tool, which has been created and used by Great Britain educators for over 20 years, as well as its structural elements, which were developed by various educational organisations (the Office for Standards in Education, Children's Services and Skills; education agencies; educational institutions; the Trust, etc.) The National Digital Strategies and the views of the education community were taken into account during development. Control questions are provided to help schools prepare in advance for the SRF self-assessment process. The author describes the assessment process carried out on the Naace online platform, which consists of four levels, presents general questions asked to school representatives covering the following areas: leadership and management; teaching and learning with technology; assessment of digital potential; protection of digital data; professional development; resources and technologies. The ease of use of the tool has been determined, given that the assessment data is stored in the system, so schools can independently monitor the development of digitalisation of their educational institution and formulate further digital plans. In addition, the System has developed the NaaceMark quality mark, which motivates schools to increase their level of technological development. An analysis of existing systems for assessing the effectiveness of the school's information and digital environment will help to create the own tool that will meet the requirements and needs of Ukrainian educators.

Keywords: digitalisation, school information and digital environment, assessment, Self Review Framework, Great Britain

Стаття надійшла до редакції 01.09.2023

The article was received 01 September 2023

УДК 378.147+004:744

Тарас І., Витвицький В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, Україна

ORCID ID 0000-0002-9865-0778

ORCID ID 0000-0003-3682-1612

**ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ
В ІННОВАЦІЙНІЙ МЕТОДИЦІ НАВЧАННЯ ГРАФІЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

DOI 10.14308/ite000773

Розглянуто досвід навчання в он-лайн режимі з інженерної та комп'ютерної графіки в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу для інженерних спеціальностей. Проаналізовано проблеми досягнення компетентностей проєктно-орієнтованого навчання в он-лайн режимі. Розглянуто використання систем автоматизованого проєктування для забезпечення передбачених програмою курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка» графічних компетентностей в он-лайн умовах організації навчального процесу. Як приклад розглянуто тему курсу ІКТ «Ескізування», яка належить до найбільш вразливих для досягнення графічних компетентностей в он-лайн навчанні, оскільки результатом цієї теми повинно бути одержання навичок створення ескізу з реальної деталі, набуття досвіду проведення її обмірів та визначення шорсткості поверхонь. До цієї теми входять графічні роботи зі створення ескізів кількох типів деталей (накривка, гайка накидна, штанцер тощо). Під час оф-лайн навчання в аудиторії кожному студенту видається реальна деталь, з якої методами обмірювання та візуального огляду він визначає всі параметри та атрибути, необхідні для створення ескізу. Проблеми, що виникають в он-лайн навчанні, стосуються не самого створення технічних креслеників, а вміння одержувати для них інформацію з реальної деталі. Розглянутий матеріал дозволяє стверджувати, що розвиток систем автоматизованого проєктування потребує вдосконалення методичного матеріалу для забезпечення набуття студентами компетентностей, пов'язаних з їх використанням. Також розвиток цих систем дає можливість використання їх не тільки як предмету освоєння студентами, але і для створення методичного забезпечення інженерної графіки, яке водночас розширює навички їх використання студентами.

Ключові слова: компетентність, інженерна графіка, комп'ютерна графіка, САПР, навчальний процес, он-лайн навчання

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Статтею 9 Закону України «Про освіту» серед інших форм освіти визначається інституційна, до якої належать очна (денна, вечірня), заочна, дистанційна, мережева. Обставини останніх років (пандемія Covid-19, воєнний стан) показали необхідність мати засоби швидкого переходу з оф-лайн до он-лайн режиму для різних видів навчання.

Метою вивчення різних дисциплін є формування та розвиток у студентів певних компетентностей, наприклад, графічних компетентностей майбутніх інженерів, що є важливим для кваліфікованого спеціаліста. Вони передбачають як здатність до просторового мислення і відтворення просторових об'єктів, конструкцій та механізмів у вигляді технічних креслень та моделей, так і здатність практично використовувати комп'ютерні системи обробки графічної інформації, що визначає необхідність застосування



Тарас І., Витвицький В.

сучасних САПР у процесі підготовки студентів. Такий підхід значно покращує професійну підготовку майбутніх фахівців. Зрозуміло, що деякі теми і компетентності, які вони забезпечують, не страждають від зміни оф-лайн режиму навчання на он-лайн, але є теми, освоєння яких і забезпечення певних компетентностей під час он-лайн навчання ускладнюються. Тому використання наявного “не цільового” програмного забезпечення під час створення методичного забезпечення для вирішення проблем, що виникають у процесі формування окремих графічних компетентностей в он-лайн умовах організації навчального процесу, є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато авторів обговорює різні аспекти використання технологій дистанційного навчання як в освітньому процесі загалом, так і у викладанні різних дисциплін [10]. Немає потреби описувати переваги оф-лайн навчання. Про недоліки та переваги он-лайн технологій було багато дискусій [1, 2, 4]. Для людини як істоти соціальної важливим недоліком он-лайн навчання відзначається відсутність класичних лекцій та семінарів, обмежений особистий контакт із викладачем та іншими студентами [3]. Багато авторів розглядають проблеми, пов’язані з он-лайн навчанням та способи їх вирішення [21, 1, 3]. У викладанні різних дисциплін виникають проблеми залежно від спрямування.

Формуванню графічних компетентностей присвячено роботи Г. О. Райковської [13–15], О. В. Слободянюка [18] та інших авторів [6, 16]. Уже напрацьовано досвід викладання графічних дисциплін в умовах он-лайн та змішаного навчання [6]. Використанню інформаційних технологій в інженерній графіці присвячено роботи [7, 11]. Розроблено навчально-методичні комплекси з нарисної геометрії, інженерної та комп’ютерної графіки для майбутніх фахівців [12, 21].

Умовам успішної професійної та графічної підготовки майбутнього фахівця засобами САПР присвячені роботи [8, 9], у яких зазначена важливість використання САПР і висвітлені науково-методологічні аспекти їх упровадження в навчальний процес. Ілюстративність матеріалу, особливо з інженерної та комп’ютерної графіки, має велике значення і сприяє інтенсифікації процесу його засвоєння [7]. У статті [14] відзначено, що вдосконалення методик інтегрального навчання з широким використанням САПР потребує подальшого дослідження.

Мета – обґрунтування забезпечення фундаментальної та спеціальної підготовки в галузі автоматизованого проєктування та використання в навчальному процесі можливостей САПР для візуалізації матеріалів окремих розділів графічних дисциплін у процесі підготовки фахівців інженерного спрямування.

Завдання дослідження передбачає аналіз та теоретичне обґрунтування використання сучасних САПР не тільки як предмету вивчення для проєктно-орієнтованого навчання студентів інженерного напрямку, але і як засобу в інноваційній методиці навчання графічних дисциплін в он-лайн умовах організації навчального процесу.

Методи дослідження. У дослідженнях використовували теоретичні та емпіричні методи: вивчення та аналізу навчально-методичної літератури, аналізу сучасних САПР, вивчення та узагальнення досвіду викладання графічних дисциплін у ЗВО, педагогічного спостереження за навчальним процесом та педагогічного експерименту. Також ураховано власний досвід аналізу результатів навчання і спілкування із колегами та студентами.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зазвичай, вступники мають вибір, чи обирати очне навчання (що передбачає аудиторні заняття), чи вчитись дистанційно, тобто обрати он-лайн режим навчання.

В умовах пандемії Covid-19 доводилось працювати в он-лайн режимі навіть студентам очної форми навчання. До недоліків такого режиму належить обмежене безпосереднє спілкування з викладачем та іншими студентами. За послаблення умов карантину навчання переходило в оф-лайн режим.

До графічних дисциплін належить «Інженерна та комп'ютерна графіка» (ІКГ), яку вивчають студенти на перших курсах. Інженерна графіка розвиває фундаментальні інженерно-геометричні знання, набуті під час вивчення нарисної геометрії. Такі знання сприяють набуттю практичних навичок читання та розробки конструкторської документації відповідно до стандартів ДСТУ та ISO.

Комп'ютерна графіка дозволяє набути навички 3D моделювання та практично використовувати автоматизовані системи проєктування для створення конструкторської документації на основі знань із нарисної геометрії та інженерної графіки. Використання сучасних систем автоматизованого проєктування у вивченні комп'ютерної графіки значно покращують професійну підготовку майбутніх фахівців. Для студентів технічних спеціальностей Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ), наприклад, спеціальності «Прикладна механіка», передбачено починати освоєння комп'ютерної графіки з САПР SolidWorks у межах дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» (ІКГ). У цій дисципліні інженерна та комп'ютерна вивчаються у взаємозв'язку як дві частини курсу.

Опитування студентів показало, що не всі теми дисципліни ІКГ однаково сприймаються за обох форм навчання, а більшість студентів очної форми віддають перевагу навчанню в аудиторіях. Як показав досвід, використання змішаної форми дає можливість поєднати переваги обох форм навчання і зменшити їх недоліки, але за певних обставин проведення освітнього процесу в оф-лайн режимі стає неможливим.

Досвід он-лайн навчання показав, що ті з програмних компетентностей, які стосуються навичок використання інформаційних і комунікаційних технологій та здатності до пошуку, обробленню та аналізу інформації з різних джерел, не страждають під час дистанційного навчання, а набуваються студентами більш активно. Але є фахові компетентності, набуття яких ускладнюється. Особливо це відчутно для студентів спеціальності «Прикладна механіка», для яких передбачені фахові компетентності, що стосуються відтворення просторових об'єктів, конструкцій і механізмів у вигляді технічних креслень та моделей.

Тема курсу ІКГ «Ескізування» належить до найбільш вразливих для досягнення вказаних компетентностей за умов он-лайн навчання. Метою цієї теми ставиться одержання навичок створення ескізу з реальної деталі, набуття досвіду проведення її обмірів, визначення шорсткості поверхонь. До цієї теми входять графічні роботи зі створення ескізів кількох типів деталей (накривка, гайка накидна, штуцер тощо). Під час оф-лайн навчання в аудиторії кожному студенту видавалась реальна деталь, яку він тримав у руках, міг оглянути, зробити обміри, використовуючи вимірний інструмент, визначити шорсткість поверхонь методом візуального огляду та порівняння зі зразками шорсткості. Проблеми, що виникають при он-лайн навчанні, стосуються не самого створення технічних креслеників, а вміння одержувати для них інформацію з реальної деталі.

На кафедрі інженерної та комп'ютерної графіки ІФНТУНГ розроблено методичне забезпечення для он-лайн лабораторної роботи на тему «Ескізування», яка частково «зменшує втрати» при он-лайн навчанні. Ця робота включає виконання трьох ескізів різних типів деталей зі зростаючою складністю (не тільки конструкції, але і їх обмірювання). Перша з деталей містить тільки зовнішню нарізку, друга – тільки внутрішню.

Створена база 3D моделей деталей типу накривка, гайка накидна, штуцер із деталізованим представленням нарізей та дотриманням стандартних розмірів їх елементів (проточок, фасок) (рис. 1).

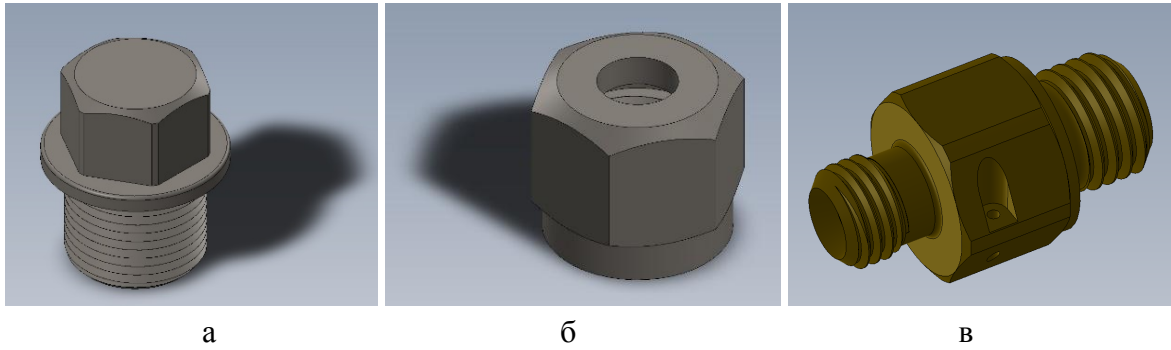


Рис. 1. Приклади деталей: а – накривка; б – гайка накидна; в – штуцер

Деталі типу гайка накидна та накривка були створені як конфігурації на основі таблиць, що дає зручність для викладача перевіряти правильність вимірювань цих деталей студентом. База 3D моделей штуцерів нараховує 22 моделі оригінальних деталей.

Для створення 3D моделей деталей було використано САПР SolidWorks. 3D моделі деталей, створені в форматі SLDPRT, переведені в універсальний формат EPRT (з підтриманням можливості обмірювання). Файл .eprt є документом eDrawings, який є інструментом для обміну проєктними даними, що описує окрему деталь і збережений у власному двійковому форматі з високим ступенем стиснення даних. Цей формат є “рідним” для eDrawings. При установці eDrawings тип файлів .eprt автоматично реєструється в системі та асоціюється з цією програмою. Перегляд документів eDrawings (.eprt) можливий за допомогою безкоштовної утиліти eDrawings Viewer, що випускається Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp. Цей формат був обраний із таких причин [5]:

- дає можливість конвертувати EPRT в EXE (або ZIP з автоматично збереженим EXE всередині нього), що дає можливість перегляду файлу EPRT, без встановлення засобу перегляду EPRT. Отриманий EXE-файл відкриє файл 3D моделі без будь-якого іншого програмного забезпечення САПР;
- формат доступний лише для читання, а значить, що вихідні моделі не можуть бути змінені;
- програма eDrawings Viewer дозволяє переміщатися в 3D-просторі, масштабувати, запускати анімацію, що відображає всі сторони моделі;
- дозволяє обмірювання геометрії моделі за допомогою наявного інструментарію програми eDrawings Viewer;
- зберігає інформацію про матеріал деталі та його характеристики (рис. 2);
- дозволяє захищати файл EPRT паролем.

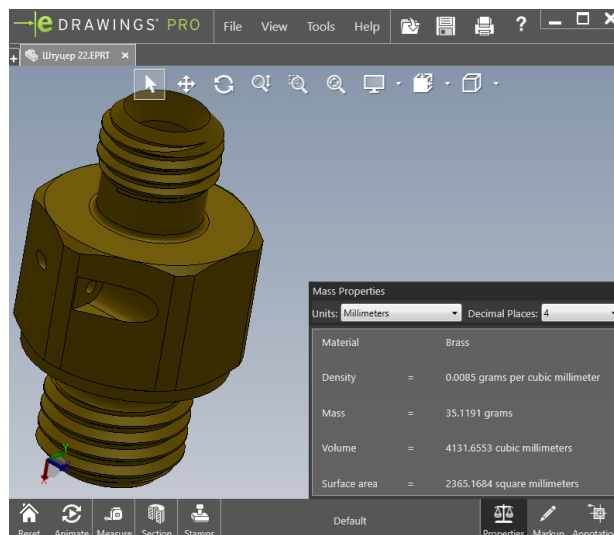


Рис. 2. Інформація про матеріал деталі та його характеристики

До недоліків eDrawings Viewer для лабораторної роботи є те, що інструментарій визначає тільки довжину гвинтової лінії, не дозволяючи виміряти її діаметр та крок, що важливо для ідентифікації нарізі, та нахил конічної поверхні для ідентифікації фаски (рис. 3).

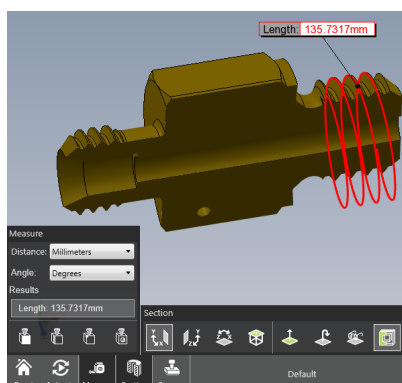


Рис. 3. Вимірювання довжини гвинтової лінії нарізі

При створенні цієї лабораторної роботи недоліки інструментарію eDrawings Viewer для вимірювання нарізі та кута фаски оминули декількома способами. Один із них – запропонувати студентам розрахувати кут нахилу фаски на шестигранній поверхні, скориставшись обмірами інших елементів, для ідентифікації нарізі – скористатись діаметром фаски та діаметром проточки (яка виконана діаметром впадини нарізі, що не завжди відповідає стандарту). А, як відомо, діаметр впадини нарізі і її крок пов'язані геометричними залежностями.

Інший спосіб вирішення такої проблеми – це створення деталей-супутників. Один із таких супутників – це деталь, у якій замість нарізі в її кінці зроблена проточка діаметром западини нарізі. Отже, студент за діаметрами виступів і впадин може ідентифікувати нарізь, використовуючи таблиці зі стандартів нарізей (рис. 4).

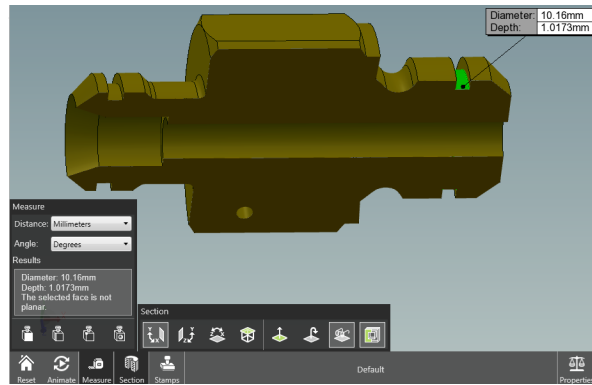
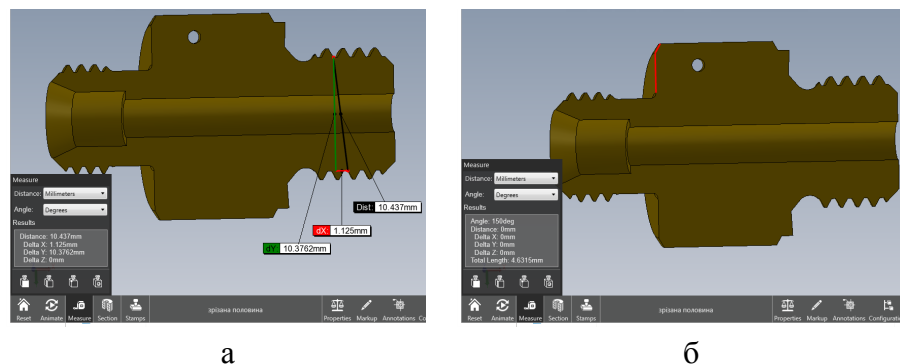


Рис. 4. Приклад вимірювання внутрішнього діаметру нарізі для подальшого визначення її кроку

Іншою деталлю-супутником є півдеталь. Тож eDrawings Viewer може ідентифікувати вершини і впадини нарізі в площині, яка і створила півдеталь (рис. 5, а). Така деталь-супутник дозволяє також визначити кут нахилу фаски, використовуючи ребра, утворені в площині, яка і створила півдеталь (рис. 5, б).



а

б

Рис. 5. Безпосереднє визначення параметрів нарізі (а) та кута нахилу фаски (б)

Завдання студента – накреслити ескіз деталі. Йому пропонується відкрити деталь за своїм варіантом в eDrawings Viewer. У такий спосіб він може одержати інформацію про форму, розміри (провести обміри), використовуючи за потреби деталь-супутник (рис. 4, 5) та матеріал заданої деталі (рис. 2). На час виконання цієї роботи студенти вже мають навички створення 3D моделей в САПР системах, тому робота з інструментами нової програми не викликає особливої складності.

Висновки. САПР стає одним із засобів формування науково-навчального інформаційного простору для проєктної діяльності в університеті та запровадження проєктно-орієнтованого навчання.

Вище розглянуте дає підстави стверджувати, що розвиток систем автоматизованого проєктування потребує вдосконалення методичного матеріалу для забезпечення набуття студентами компетентностей, пов'язаних з їх використанням. Також розвиток цих систем дає можливість використання їх не тільки як предмету освоєння студентами, але і для створення методичного забезпечення інженерної графіки, яке водночас розширює навички використання систем автоматизованого проєктування студентами.

Як показав досвід, не дивлячись на те, що більшість студентів віддають перевагу навчатись в он-лайн режимі, і на наявність тем, для яких пріоритетним є он-лайн режим, реалії життя потребують мати методичне забезпечення для двох режимів навчання.

Перспективи подальших розвідок в обраному напрямі. У подальших дослідженнях планується розширити базу 3D моделей та визначити вплив їх складності на набуття навичок студентами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adedoyin, O. B., Soykan, E. (2020). Covid-19 pandemic and online learning: the challenges and opportunities. *Interactive Learning Environments*, 31 (2), 863–875. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1813180>
2. Daniel, S. J. (2020). Education and the COVID-19 pandemic. *Prospects*, 49, 91–96. <https://doi.org/10.1007/s11125-020-09464-3>
3. Fojtik, Rostislav (2018). Problems of Distance Education. *International Journal of Information and Communication Technologies in Education*, 7, 14–23. <https://doi.org/10.2478/ijcte-2018-0002>
4. Park, H., Shea, P. (2020). A review of ten-year research through co-citation analysis: Online learning, distance learning, and blended learning. *Online Learning Journal*, 24 (2), 225–244. <https://doi.org/10.24059/olj.v24i2.2001>
5. .EPRT File Extension. URL: <https://fileinfo.com/extension/eprt> (28.04.22)
6. Гнітецька, Т. В. (2020). Інтерактивна дидактична система в практиці навчання інженерно-графічним дисциплінам. *Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Графічні технології моделювання об'єктів, процесів та явищ»*, Одеса, 23–24 квітня 2020 р., 111.
7. Карпюк, Л. В., Давіденко, Н. О. (2021). Інформаційні технології в інженерній графіці. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, 1 (265), 29–32. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-265-1-29-32>
8. Козяр, М., Сасюк, З., Парфенюк, О. (2018). Графічна підготовка майбутнього фахівця засобами САПР. *Нова педагогічна думка*, 2 (94), 122–126. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Npd_2018_2_33.pdf
9. Кокарева, А. М. (2017). Сучасний стан професійної підготовки інженерів в технічному університеті. *Вісник Національного авіаційного університету. Серія: Педагогіка, Психологія*, 10, 77–80. <https://doi.org/10.18372/2411-264X.10.12509>
10. Кухаренко, В. М., Бондаренко, В. В. (2020). *Екстрене дистанційне навчання в Україні: монографія*. Харків: КП «Міська друкарня», 409 с. URL: https://duan.edu.ua/images/News/UA/Departments/Management/2020/monograph_ekstr_dyst_nav_ch.pdf
11. Мацюк, І. М., Савельєва, Т. С., Пустовой, Д. С. (2020). Викладання інженерної графіки з використанням сучасних інформаційних технологій. *Матеріали Міжнародної наукової конференції «Здобутки та досягнення прикладних та фундаментальних наук XXI століття»*, Черкаси: МЦНД, 7 серпня 2020 р., 37–41. <https://doi.org/10.36074/07.08.2020.v2.07>
12. Морозенко, О. П., Грибанова, Н. Ю. (2019). Інноваційні підходи підвищення якості викладання дисципліни «Комп'ютерні методи нарисної геометрії та інженерної графіки». *Системні технології*, 4 (123), 28–33. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-4-123-2019-03>
13. Райковська, Г. О. (2017). Інноваційна концепція модернізації графічної підготовки у ВТНЗ: Оновлення змісту, форм та методів навчання і виховання в закладах освіти: *Збірник наукових праць «Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету»*, 16 (59), 5–8.
14. Райковська, Г. О., Соловйов, А. В. (2019). Система автоматизованого проектування в графічній підготовці. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота*, 2 (45), 149–153. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2019.45.149-153>

15. Райковська, Г. О. (2015). Формування професійної компетентності майбутніх інженерно-технічних фахівців засобами геометричного моделювання. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*, 52, 188–193. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8229/Raykovska.pdf?sequence=1>
16. Салацінська, Л. А., Панасюк, Я. П., Скотар, В. Т. (2021). Застосування технологій дистанційного навчання у процесі викладання графічних дисциплін у закладах вищої освіти. *Сучасні технології підготовки майбутніх учителів трудового навчання та технологій, педагогів професійної освіти і фахівців образотворчого та декоративного мистецтва*, 3, 42–47. URL: <http://93.183.203.244:80/xmlui/handle/123456789/8992>
17. Сидорова, Н. В., Доценко, Ю. В., Вікторов, О. В. (2021). Сучасне викладання онлайн графічних дисциплін. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*, 74 (3) 126–129. <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2021.74-3.23>
18. Слободянюк, О. В., Мокін, В. Б., Мокін, Б. І. (2016). *Формування вмій з інженерної та комп'ютерної графіки в умовах дистанційного навчання: монографія*. Вінниця: ВНТУ, 208. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/34/53/59-1?inline=1>
19. Тарас, І. П. (2021). Формування програмних компетентностей дисципліною «Інженерна та комп'ютерна графіка» в умовах карантину. *Monografia pokonferencyjna «Science, Research, Development #40»*, Rotterdam, 29–30 квітня 2021 р., 50–52. URL: http://xn--e1aajfpeds8ay4h.com.ua/files/112_1_.pdf
20. Шкіца, Л. Є. (2019). Методичні аспекти формування дистанційних курсів для вивчення графічних дисциплін. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в освіті»*, Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 9–11 квітня 2019 р., 272–274.
21. Шкіца, Л. Є., Тарас, І. П., Бекіш, І. О. (2021). Методичні аспекти викладання інженерної та комп'ютерної графіки в дистанційному режимі. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, 201, 45–48. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-201-45-48>

REFERENCES

1. Adedoyin, O. B., Soykan, E. (2020). Covid-19 pandemic and online learning: the challenges and opportunities. *Interactive Learning Environments*, 31 (2), 863–875. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1813180>
2. Daniel, S. J. (2020). Education and the COVID-19 pandemic. *Prospects*, 49, 91–96. <https://doi.org/10.1007/s11125-020-09464-3>
3. Fojtik, Rostislav (2018). Problems of Distance Education. *International Journal of Information and Communication Technologies in Education*, 7, 14–23. <https://doi.org/10.2478/ijcte-2018-0002>
4. Park, H., Shea, P. (2020). A review of ten-year research through co-citation analysis: Online learning, distance learning, and blended learning. *Online Learning Journal*, 24 (2), 225–244. <https://doi.org/10.24059/olj.v24i2.2001>
5. .EPRT File Extension. URL: <https://fileinfo.com/extension/eprt> (28.04.22)
6. Hnitska, T. V. (2020). Interaktyvna dydaktychna systema v praktytsi navchannia inzhenerno-hrafichnym dystsyplinam. *Zbirnyk tez dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Hrafichni tekhnolohii modeliuvannia ob'ektiv, protsesiv ta yavvyshch»*, Odesa, 23–24 kvitnia 2020 r., 111.
7. Karpiuk, L. V., Davidenko, N. O. (2021). Informatsiini tekhnolohii v inzhenernii hrafitsi. *Visnyk skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*, 1 (265), 29–32. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-265-1-29-32>

8. Koziar, M., Sasiuk, Z., Parfeniuk, O. (2018). Hrafichna pidhotovka maibutnoho fakhivtsia zasobamy SAPR. *Nova pedahohichna dumka*, 2 (94), 122–126. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Npd_2018_2_33.pdf
9. Kokarieva, A. M. (2017). Suchasnyi stan profesiinoi pidhotovky inzheneriv v tekhnichnomu universyteti. *Visnyk Natsionalnoho aviatsiinoho universytetu. Serii: Pedahohika, Psykholohiia*, 10, 77–80. <https://doi.org/10.18372/2411-264X.10.12509>
10. Kukharenko, V. M., Bondarenko, V. V. (2020). *Ekstrene dystantsiine navchannia v Ukraini: monohrafiia*. Kharkiv: KP «Miska drukarnia», 409. URL: https://duan.edu.ua/images/News/UA/Departments/Management/2020/monograph_ekstr_dyst_navch.pdf
11. Matsiuk, I. M., Saveleva, T. S., Pustovoi, D. S. (2020). Vykladannia inzhenernoi hrafiky z vykorystanniam suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii. *Materialy Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii «Zdobutky ta dosiahnennia prykladnykh ta fundamentalnykh nauk XXI stolittia»*, Cherkasy: MTsND, 7 serpnia 2020 r., 37–41. <https://doi.org/10.36074/07.08.2020.v2.07>
12. Morozenko, O. P., Hrybanova, N. Iu. (2019). Innovatsiini pidkhody pidvyshchennia yakosti vykladannia dystsypliny «Kompiuterni metody narysnoi heometrii ta inzhenernoi hrafiky». *Systemni tekhnolohii*, 4 (123), 28–33. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-4-123-2019-03>
13. Raikovska, H. O. (2017). Innovatsiina kontseptsiiia modernizatsii hrafichnoi pidhotovky u VTNZ: Onovlennia zmistu, form ta metodiv navchannia i vykhovannia v zakladakh osvity: *Zbirnyk naukovykh prats «Naukovi zapysky Rivnenskoho derzhavnoho humanitarnoho universytetu»*, 16 (59), 5–8.
14. Raikovska, H. O., Soloviov, A. V. (2019). Systema avtomatyzovanoho proektuvannia v hrafichnii pidhotovtsi. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii: Pedahohika. Sotsialna robota*, 2 (45), 149–153. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2019.45.149-153>
15. Raikovska, H. O. (2015). Formuvannia profesiinoi kompetentnosti maibutnykh inzhenerno-tekhnichnykh fakhivtsiv zasobamy heometrychnoho modeliuvannia. *Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova. Serii 5. Pedahohichni nauky: realii ta perspektyvy*, 52, 188–193. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8229/Raikovska.pdf?sequence=1>
16. Salatsinska, L. A., Panasiuk, Ya. P., Skotar, V. T. (2021). Zastosuvannia tekhnolohii dystantsiinoho navchannia u protsesi vykladannia hrafichnykh dystsyplin u zakladakh vyshchoi osvity. *Suchasni tekhnolohii pidhotovky maibutnykh uchyteliv trudovoho navchannia ta tekhnolohii, pedahohiv profesiinoi osvity i fakhivtsiv obrazotvorchoho ta dekoratyvnoho mystetstva*, 3, 42–47. URL: <http://93.183.203.244:80/xmlui/handle/123456789/8992>
17. Sydorova, N. V., Dotsenko, Yu. V., Viktorov, O. V. (2021). Suchasne vykladannia onlain hrafichnykh dystsyplin. *Pedahohika formuvannia tvorchoi osobystosti u vyshchii i zahalnoosvitnii shkolakh*, 74 (3), 126–129. <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2021.74-3.23>
18. Slobodianiuk, O. V., Mokin, V. B., Mokin, B. I. (2016). *Formuvannia vmin z inzhenernoi ta kompiuternoi hrafiky v umovakh dystantsiinoho navchannia: monohrafiia*. Vinnytsia: VNTU, 208. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/34/53/59-1?inline=1>
19. Taras, I. P. (2021). Formuvannia prohramnykh kompetentnostei dystsyplinoiu «Inzhenerna ta kompiuterna hrafika» v umovakh karantynu. *Monografia pokonferencyjna «Science, Research, Development #40»*, Rotterdam, 29–30 kvitnia 2021 r., 50–52. URL: http://xn--e1aajfpcds8ay4h.com.ua/files/112_1_.pdf
20. Shkitsa, L. Ie. (2019). Metodychni aspekty formuvannia dystantsiinykh kursiv dlia vyvchennia hrafichnykh dystsyplin. *Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi nauково-tekhnichnoi konferentsii «Innovatsiini tekhnolohii v osviti»*, Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 9–11 kvitnia 2019 r., 272–274.

21. Shkitsa, L. Ie., Taras, I. P., Bekish, I. O. (2021). Metodichni aspekty vykladannia inzhenernoi ta kompiuternoi hrafiiky v dystantsiinomu rezhymi. *Naukovi zapysky. Serii: Pedahohichni nauky*, 201, 45–48. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-201-45-48>

Iryna Taras, Vasyl Vytvytskyi

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

THE USE OF CAD SYSTEM IN THE INNOVATIVE METHOD OF TEACHING GRAPHIC DISCIPLINES

The experience of online engineering and computer graphics education at the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas for engineering majors is considered. The problems of achieving project-oriented learning competencies in online mode are analyzed. The use of CAD systems is considered to ensure the graphic competencies provided by the “Engineering and Computer Graphics” course program in the online conditions of the organization of the educational process. As an example, “Sketching” (the IKG course topic) is considered, which is one of the most vulnerable to the achievement of graphic competencies in online learning. The result of this topic should be acquiring skills for creating a sketch from a part made of metal, gaining experience in measuring it, and determining the roughness of surfaces. This topic includes graphic works for sketching several details (cover, union nut, fitting, etc.). During off-line training in the classroom, each student is given a part made of metal, from which he determines all the parameters and attributes necessary for creating a sketch using the methods of measurement and visual inspection. The problems that arise during online training are not related to the creation of technical drawings but to the ability to obtain information from parts made of metal. The considered material gives reasons to assert that the development of CAD systems requires methodical material improvement to ensure students' acquisition of competencies related to their use. Also, the development of these systems makes it possible to use them not only as a subject of study by students but also to create methodological support for engineering graphics, which in turn expands the skills of their use by students.

Keywords: competence, engineering graphics, computer graphics, CAD system, learning process, online learning

Стаття надійшла до редакції 04.08.2023

The article was received 04 August 2023

UDC 519.85

Oleksandr Letychevskiy¹, Volodymyr Peschanenko², Maksym Poltoratskyi³, Olga Konnova⁴¹Glushkov Institute of Cybernetics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine^{2, 3, 4}Kherson State University, Kherson, Ukraine¹ORCID ID 0000-0003-0856-9771²ORCID ID 0000-0003-1013-9877³ORCID ID 0000-0001-9861-4438⁴ORCID ID 0000-0001-5590-9527

AN ALGEBRAIC APPROACH TO THE VERIFICATION OF SMART CONTRACTS IN TEAL

DOI 10.14308/ite000774

Blockchain and smart contracts have transformed the modern world. They help ensure security and trust in transactions, revolutionize finance, logistics, healthcare, and many other industries. Smart contracts are based on software code, so they can contain errors that lead to incorrect execution of the contract. Since the area of use of smart contracts is often related to finance, the cost of such errors can be quite high. Also, errors in smart contracts that have already been sent to the network cannot be corrected due to the immutable nature of the blockchain. This problem can be solved through smart contract code analysis, which allows developers to check the correctness of their code and protect it from possible errors and vulnerabilities.

This article proposes the use of insertional modeling to analyze smart contract code for the Algorand blockchain. This blockchain is one of the fastest, low-cost, carbon-negative blockchains that has advanced smart contract capabilities with low transaction fees. The language used to create smart contracts in Algorand is called Transaction Execution Approval Language (TEAL).

In this work, we review existing tools for TEAL code verification and describe the capabilities that each of them provides. Among these tools are Graviton, Tealer, Algo Builder/runtime. In this paper we describe the features of the TEAL language, as well as give examples of writing a smart contract using it.

We offer our method for verification created smart contract. It consists in using the algebraic approach, which is implemented in the scope of the insertion modeling system to verify the smart contract code. This approach will allow us to check the smart contract code for some state reachability and deadlocks.

Keywords: *Blockchain, Smart Contracts, TEAL, Insertion Modeling, Algebraic programming, verification*

1 Introduction

Blockchain has introduced many new opportunities to the world and provided huge benefits through increased transparency, distributed ledgers, and decentralization. This technology was first described by a group of researchers in 1991 and was put into practice only in 2008 when an unknown user under the pseudonym Satoshi Nakamoto published a technical description of his cryptocurrency protocol [1]. Since then, blockchain has been actively developing and finding application in new areas of human activity. This technological innovation has become extremely popular and has proven to be an important component for the development of numerous industries, from finance to health care, tourism, and even public administration. Its impact on



society and business is extremely important, and it is difficult to overestimate its role in shaping the future.

One of the main components of the blockchain are smart contracts. They are simply programs stored on a blockchain that run when predetermined conditions are met. They typically are used to automate the execution of an agreement so that all participants can be immediately certain of the outcome, without any intermediary's involvement or time loss [2]. It is thanks to smart contracts that the decentralized nature of the network is ensured. They can be created using various programming languages such as Solidity, Rust, JavaScript, etc.

Smart contracts are based on program code, any error in the code leads to incorrect execution of the contract. This can be especially dangerous when it comes to financial transactions or other actions, the cost of errors of which is high enough. Errors in smart contracts can lead to large financial losses and a breach of user confidence in the platform. At the beginning of 2022, the DeFi industry – services and infrastructure providing decentralized financial services using smart contracts and blockchain technologies – lost more than \$1.6 billion due to hacks, exploits, and scams, more than the total amount stolen in 2020 and 2021 together [3]. Some DeFi protocols have been hacked due to a simple coding error, others due to ineffective contract logic or incorrect calculations. That is why the analysis of smart contracts is an essential part of the development of any decentralized application. Verification of smart contracts allows developers to check the correctness of their code and protect them from possible errors.

In this paper we will consider the analysis of smart contract code for the Algorand – a high-performance blockchain platform with fast and cheap transactions, powered by its proprietary Pure Proof-of-Stake (PPoS) consensus algorithm [4]. It supports smart contracts, decentralized applications, and the issuance of digital assets. It uses its virtual machine Algorand Virtual Machine (AVM). This blockchain supports smart contracts, decentralized applications, and the issuance of digital assets. Algorand uses its native cryptocurrency Algo. Smart contracts for the Algorand blockchain are written in the language that is called TEAL (Transaction Execution Approval Language). Algorand ensures full participation, protection, and speed within a truly decentralized network. This blockchain appeared relatively recently – in 2017 in Boston by MIT professor and Turing Award winner Silvio Micali.

Algorand is a quite popular and fast-growing blockchain. However, since it is quite new, there are a few smart contract code analysis tools for the Algorand platform blockchain compared to other blockchain platforms such as Ethereum. Therefore, there is a need to research different methods for verifying the TEAL code of smart contracts for Algorand.

The purpose of the work is to explore the possibilities of using insertional modeling to verify the code of smart contracts in the TEAL language for the Algorand blockchain.

2 Overview of TEAL Code Analysis Tools

We review existing tools for analyzing the code of smart contracts on TEAL and the opportunities that these tools present.

It should also be noted that TEAL is a stack-based language that runs inside Algorand transactions for programming logic signatures and smart contracts [5]. It is an assembly-like language that is processed by the Algorand Virtual Machine (AVM).

Next, we provide a brief overview of the tools that are used to verify and test programs written in TEAL.

Graviton is a software toolkit for black-box testing of smart contracts written in TEAL [6]. It is important to note that the main thing in smart contracts is the proof of assertions. These assertions are essential to ensure that the contract behaves as expected and meets all required conditions. TEAL Blackbox Testing allows developers to verify the correct execution of Algorand smart contracts by writing assertions and analyzing the results with test runs.

Benefits of using Blackbox testing:

- It allows developers to assert that certain invariants hold over a large set of inputs, which gives greater confidence that the TEAL programs and AVM smart contracts work as designed.
- It helps ensure that no regressions have occurred during tweaking, refactoring, or optimizing the TEAL source code [7].

Tealer – TEAL static analyzer with a set of vulnerability detectors for fast contract verification [8]. It analyzes the Teal program and creates its CFG (Control Flow Graph). The tool comes with a set of vulnerability detectors and printers, which allow developers to review the contracts code.

Tealer printers provide the following functionality:

- print-cfg: export the CFG of the contract;
- function-cfg: export the CFG of each subroutine in the contract;
- call-graph: export the call-graph of the contract to a dot file [8].

Tealer also provides following detectors:

- is-deletable: check if the stateful application can be deleted by sending an DeleteApplication type application call;
- is-updatable: check if the stateful application can be updated by sending an UpdateApplication type application call;
- unprotected-deletable: check if the stateful application can be deleted by anyone;
- unprotected-updatable: check if the stateful application can be updated by anyone;
- group-size-check: check missing GroupSize validation;
- can-close-account: check missing AssetCloseTo field validation [9].

@algo-builder/runtime provides a TypeScript and JavaScript, lightweight runtime and TEAL interpreter to test Algorand transactions, ASA, and Smart Contracts [10].

This tool consists of 4 main components:

- Runtime: allows you to process a transaction or group of transactions and manage state;
- AccountStore: represents an Algorand compatible account, which stores all account-related information like apps, assets, localState, globalState, etc;
- Parser: parses TEAL code and returns a list of opcodes which are executable by the Interpreter;
- Interpreter: executes the list of opcodes returned by the parser and updates Runtime current transaction context after each opcode execution. At the end of execution, if the execution stack contains a single non-zero uint64 element then the teal code is approved, and current transaction context is committed [10].

Further in the work, we will describe in detail the features of writing smart contracts in TEAL, as well as implement its verification using insertion modeling. This method will allow us to analyze the smart contract for deadlocks, reachability, and non-deterministic behavior.

3 Methodology and Tools

In this work, we will look at the process of creating a smart contract for the Algorand blockchain using the TEAL language. The life cycle of smart contract development is presented on Fig. 1.

In this work we will consider the process of creating a smart contract, as well as its verification.

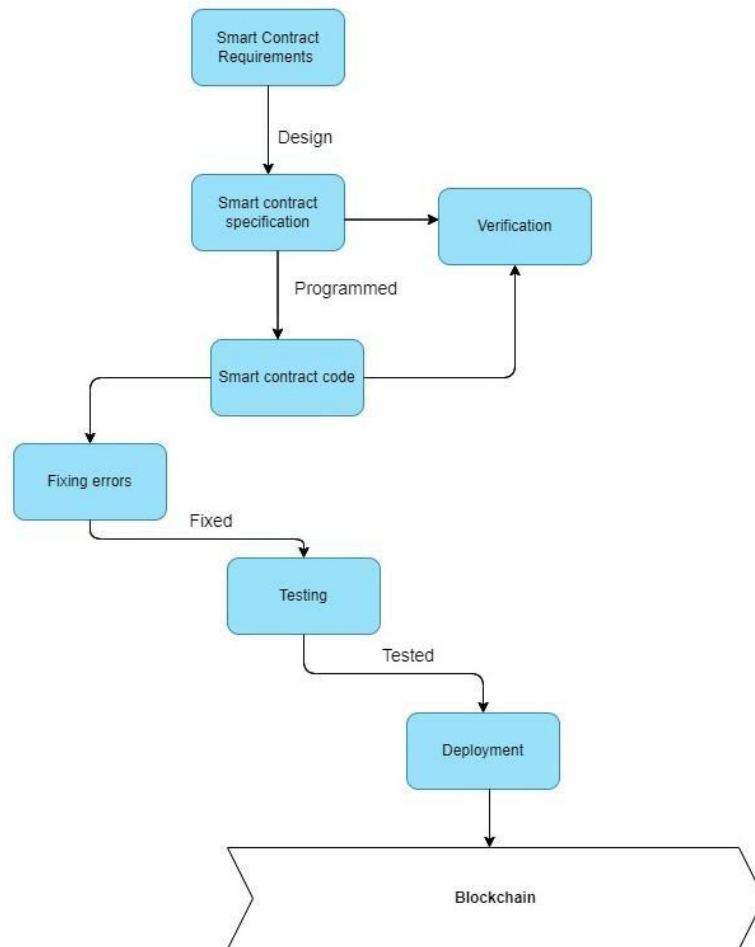


Fig. 1. Smart Contract lifecycle

The code of the developed smart contract will be verified using the algebraic approach, which is implemented in the scope of the Insertion Modeling System (IMS) [11]. Insertion modeling is the approach to modeling complex distributed systems based on the theory of interaction of agents and environments. The insertion model of a system represents this system as a composition of environment and agents inserted into it [12].

This approach differs in that it allows us to use concrete and symbolic modeling. A concrete simulation is a type of simulation in which a model value is initialized to specific values. In turn, this allows us to simulate the situation and make the visualization based on the results obtained. Symbolic modeling, as opposed to concrete, is expressed using formulas. This approach to modeling is more effective since it allows to cover all the states of the model as much as possible, thereby more effectively test various properties of the model.

In addition, this approach was successfully tested for the study of formal models of legal [13–14], for tokenomics models verification [15–17], and formal models of chemical interaction [18].

Next, we will present our experience in the field of formal verification of smart contracts using insertional modeling.

To create a smart contract model, we will use the Insertion Model Creator tool – the platform for modeling of algebraic behavior [19]. The main functionality of the Insertion Model Creator system, details of implementation of formal models and their analysis are described in detail in the article [19].

4 Development of smart contracts on TEAL

Algorand Smart Contracts (ASC1) are small programs that perform various functions on the blockchain and operate at layer 1. TEAL programs are processed line by line, pushing and popping values on the stack. TEAL supports a limited set of data types. These can be bytes or unsigned 64-bit integers. TEAL provides a set of operators that operate on those values on the stack [5]. TEAL has more limited potential functionality such as no support for recursive logic, however, this makes smart contracts safer to write and execute.

Algorand supports two types of smart contracts: stateful and stateless (smart signatures). Stateful smart contracts allow us to store data in global and local storage. Also, the contract code is stored on the blockchain network and can be viewed at any time. The smart contract itself, after being deployed on the network, is called an application, and has its id.

As we already mentioned, TEAL is a stack-based language. This means that the program processes all actions requested by the transaction from which it was called if and only if the last value on the stack is 1. If so, the TEAL program returns true, and the transaction is processed. For every other value left on the stack, false is returned and the transaction will fail [20].

Next, we give an example of the basic operations that TEAL allows us to perform. All of this is a part of a smart contract.

*Table № 1.
Examples of operation in TEAL language*

№	TEAL code snippet	Description
1	byte "arg_1" int 0 app_global_put	Create variable and put in global storage
2	byte "arg_2" app_global_get int 3	Get variable from global storage
3	sum: byte "arg_1" app_global_get byte "arg_2" app_global_get + dup store 1 byte "result" load 1 app_global_put	Create branch and sum two variables. In this example, two numbers are added. To do this, we get them from the global state, then sum them up. Further, the result is also saved in the global state.
4	checking_branch: byte "result" app_global_get int 3 == bnz branch_1 byte "result" app_global_get int 3 > bnz branch_2 bnz branch_2	Create branch with checking. The transition between branches in the TEAL program happens with the commands "bz", "bnz" and "b". In this case Operation "bnz target" – jump to TARGET if the last element of the stack is non-zero. We check the value of the global variable and, depending on it, go to the corresponding branch

5	<pre> mySub: byte "loopVar1" app_global_get int 1 + dup store 3 byte "loopVar1" load 3 app_global_put retsub myLoop_2: int 0 loop: callsub mySub byte "loopVar2" app_global_get int 1 + dup store 4 // Increase the counter by 1 byte "loopVar2" load 4 app_global_put int 26 <= bnz loop </pre>	The TEAL language on the Algorand blockchain does not have direct support for loops such as “for” or “while”. However, it is possible to emulate a loop using the “callsub” construct and recursion. In this example, “callsub” calls the mySub subroutine, which represents one iteration of the loop.
---	---	--

TEAL is a restricted computing language. It is designed to perform simple checks on the status of a transaction, not complex calculations. Therefore, it is better to limit yourself to calculations that can be performed in TEAL.

Each operation in the TEAL program has an associated cost that counts towards the total cost of executing the program.

Next, we give an example of a smart contract written in TEAL, the code of which we will analyze further:

#pragma version 3	app_global_put	txn OnCompletion
// If app id == 0, must be		int NoOp
creation call	b done	==
txn ApplicationID		bnz handle_noop
int 0	not_creation:	
==	txn OnCompletion	txn OnCompletion
bz not_creation	int UpdateApplication	int CloseOut
	==	==
byte "TeamOneTotal"	bnz handle_update	bnz handle_closeout
int 0		
app_global_put	txn OnCompletion	
	int OptIn	
byte "TeamTwoTotal"	==	txn OnCompletion
int 0	bnz handle_optin	int DeleteApplication

```

==
bnz handle_deleteapp
// Unexpected OnCompletion
value should be unreachable
err

handle_optin:
txn NumAppArgs
int 1
>=
assert
txna ApplicationArgs 0
byte "TeamOne"
==
bnz TeamOne_Optin

txna ApplicationArgs 0
byte "TeamTwo"
==
bnz TeamTwo_Optin

err

TeamOne_Optin:
int 0
byte "BidSum"
txna ApplicationArgs 1
app_local_put

byte "TeamOneTotal"
skip0:

// Increment the state
dup
app_global_get
int 0
byte "BidSum"
app_local_get
btoi
+
dup
store 2

byte "TeamOneTotal"
load 2
app_global_put

b done

TeamTwo_Optin:
int 0
byte "BidSum"
txna ApplicationArgs 1
app_local_put

byte "TeamTwoTotal"
skip1:

// Add bet amount to total
dup
app_global_get
int 0
byte "BidSum"
app_local_get
btoi
+

dup
store 2

byte "TeamTwoTotal"
load 2
app_global_put

b done

handle_noop:
b done

handle_closeout:
b done

handle_update:
txn Sender
global CreatorAddress
==
bz failed

handle_deleteapp:
txn Sender
global CreatorAddress
==
bz failed

failed:
int 0
return

done:
int 1
return

```

In this example, the smart contract allows users to place bets on one of the teams by sending a transaction to the contract with the bet amount as an argument in the transaction call. The contract stores the user's bet in the local state and the total bet for each team in the global state.

Smart contract calls are implemented using ApplicationCall transactions. There are several types of these transactions: NoOp, OptIn, DeleteApplication, UpdateApplication, CloseOut and ClearState. In our contract, we check the transaction type and jump to the appropriate branch depending on the type.

Next, we present the Control-flow graph (Fig. 2) for this contract created with the Tealer tool described in the previous part. CFG provides a visual representation of the control flow within a smart contract. This can be useful for developers to understand the logical flow of a program and identify potential problems or vulnerabilities. In the context of smart contracts on the Algorand blockchain, CFG can be useful for decomposing and analyzing the logical structures of smart contracts.

In the picture Fig. 2, we can see the transition between the branches of the program. This helps define the structure of the smart contract and the relationships between the different parts of the code.

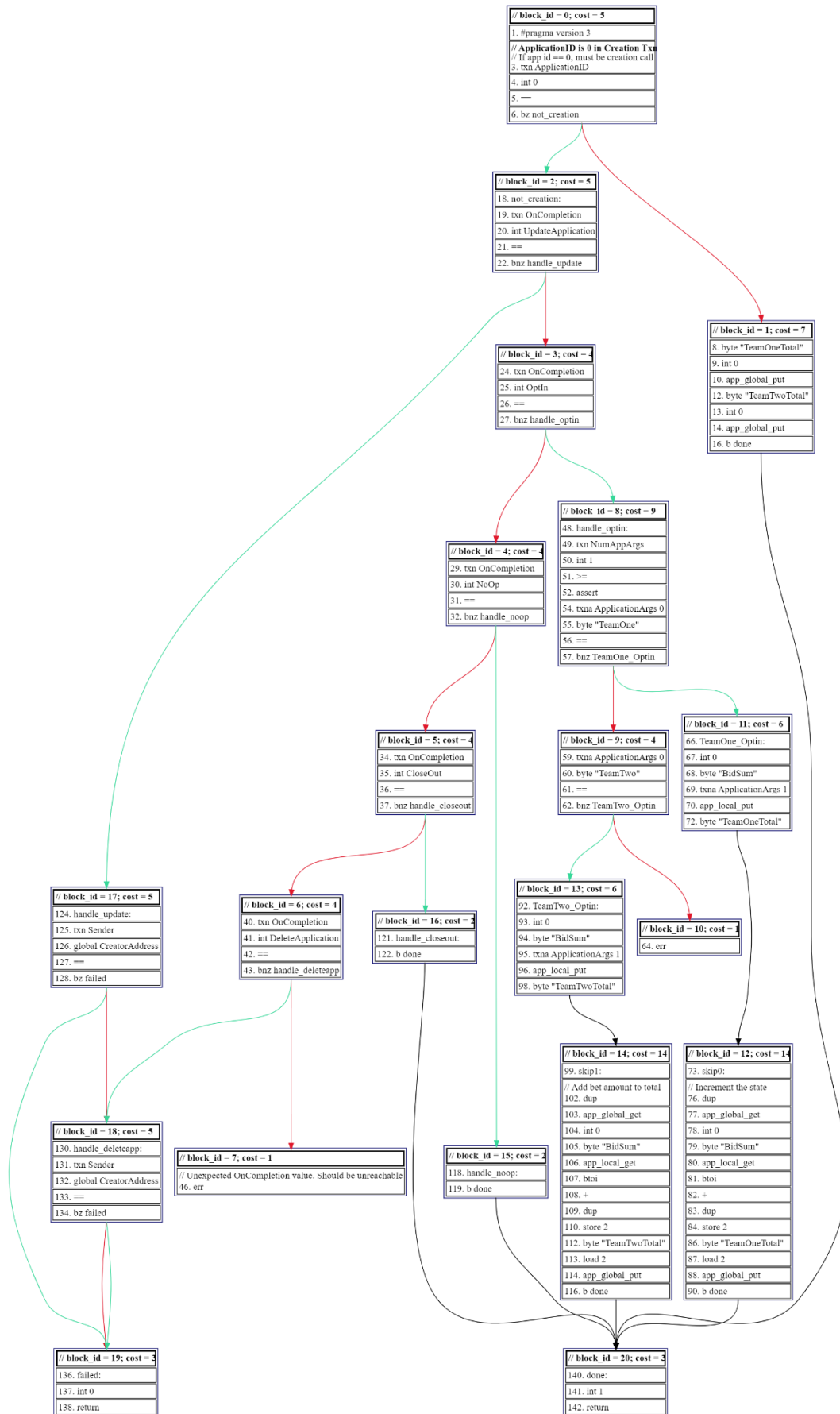


Fig. 2. CFG for the smart contract

5 Our approach to smart contract analysis

We propose to consider the process of smart contracts verification using the algebraic approach, which is implemented in the scope of the Insertion Modeling System (IMS) [11].

Below is the interface of the Insertion Model Creator (Fig. 3) – a system that can be used for thorough analysis of smart contracts and checking them for vulnerabilities and correct execution.

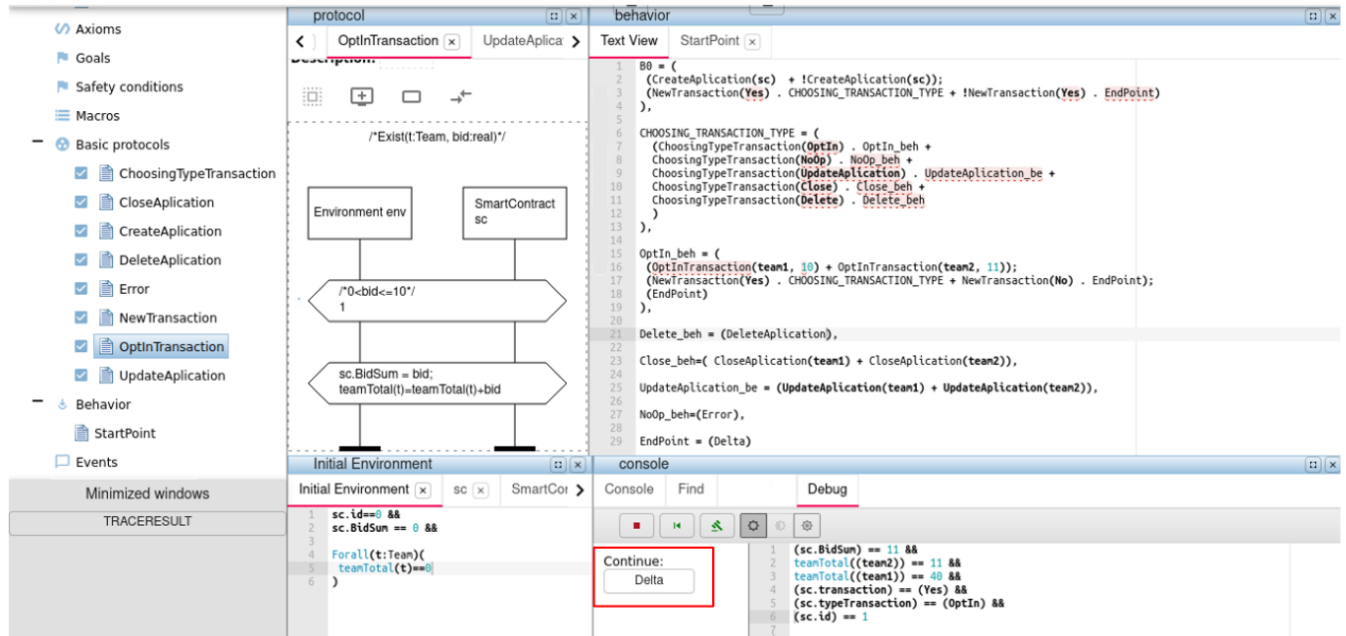


Fig. 3. Model Creator

The combination of the language of actions and the algebra of behavior [21] allows us to develop a formal model for a smart contract written in any programming language and of any complexity.

In the course of work, we developed a formal model of a smart contract, described in the previous section. The process of creating a model consists of the following stages:

- definition and description of the main agents of the model;
- description of the key attributes of the selected agents;
- description of the basic protocols of the model;
- design of agent behavior.

In algebraic form the SmartContract and SC owner (smart contract creator) agents can be represented as follows:

```
Owner: obj (
  id: int,
  wallet: hash
),
```

The Owner agent attributes:

- **id**: unique identifier of the smart contract creator;
- **wallet**: wallet address of the smart contract creator.

```
SmartContract: obj (
  id: int,
  owner: Owner,
  typeTransaction: TypeTransaction,
  bidSum: real,
)
```

The SmartContract agent attributes:

- **id** – a unique identifier that is assigned to the application after deployment on the Algorand blockchain.
- **typeTransaction** is an attribute of TypeTransaction type, which shows ApplicationCall transactions type (NoOp, OptIn, etc).
- **bidSum** – the sum of bets for a certain team.

ApplicationCall transactions in Teal code can be of five types:

- NoOp
- OptIn
- UpdateApplication
- CloseOut
- DeleteApplication
- ClearState

This can be represented in the insertional modeling as follows:

```
TypeTransaction: (NoOp, OptIn, UpdateApplication, CloseOut,
DeleteApplication, ClearState);
```

One of the common vulnerabilities in TEAL smart contracts is Missing Access Control when smart contract code does not contain checks for application calls such as UpdateApplication and DeleteApplication. To ensure that this condition is not met in our smart contract, Safety Condition is used.

This vulnerability can be expressed using Safety Conditions as follows:

```
Safety condition:
deleteSmartContract(team) {
  (sc.typeTransaction == UpdateApplication || sc.typeTransaction ==
DeleteApplication) &&
  sc.owner.wallet == team.wallet
}
```

The interaction between agents and Environment is performed by the Basic Protocols.

Each basic protocol is a Hoare triple $\alpha \rightarrow \langle P \rangle \beta$, where P is a process, α and β are the precondition and postcondition of the process P, correspondingly. α and β are represented by the logical expressions of the basic language and define conditions on the set of states of the system. You can learn more about the syntax of the action language in the following works [22].

Below is a formalization of the action of the user's bet on the selected team in the MSC format (Fig. 4).

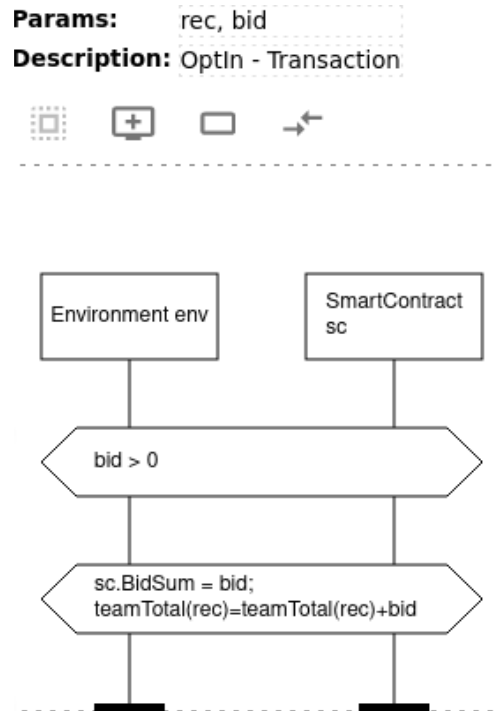


Fig. 4 Action for OptIn transaction

Attributes of the OptInTransaction protocol:

- BidSum – the size of the bet placed by the user on the team;
- teamTotal – total amount of bets placed on the team.

The protocol accepts two parameters:

- rec – the team being bet on;
- bid – the size of the bet.

The specification of the sequence of actions in the smart contract code can be represented using behavior algebra code. Below we provide an example of the Algebra of behavior code snippet which describes the creation of an application and the specification of transactions regarding their types. Let's look at it in more detail:

```

B0 = (
  (CreateApplication(sc) + !CreateApplication(sc));
  (NewTransaction(Yes) . CHOOSING_TRANSACTION_TYPE + !NewTransaction(Yes) .
  EndPoint)
),

```

The first action `CreateApplication(sc)` is to specify the process for creating an application. If the application was previously created, then its id is different from 0. Next, if the creation of a new transaction `NewTransaction(Yes)` is initiated, we proceed to the process of choosing the type of transaction `CHOOSING_TRANSACTION_TYPE`. For instance, `DeleteApplication` transaction `ChoosingTypeTransaction(Delete)` calls the process of removing the application from the network `Delete_beh`. `EndPoint` this action is the termination of the model. Next, we consider five alternatives with transaction types. Below is the behavior algebra code in insertion modeling system syntax:

```

CHOOSING_TRANSACTION_TYPE = (
  (ChoosingTypeTransaction(OptIn) . OptIn_beh +
  ChoosingTypeTransaction(NoOp) . NoOp_beh +

```

```

ChoosingTypeTransaction(UpdateApplication) . UpdateApplication_beh +
ChoosingTypeTransaction(CloseOut) . CloseOut_beh +
ChoosingTypeTransaction>DeleteApplication) . DeleteApplication_beh+
ChoosingTypeTransaction(ClearState) . ClearState_beh+
)
),

```

Also give an example of the Algebra of behavior code for OptIn transaction. Accounts use this transaction to begin participating in the smart contract. Participation enables local storage usage.

```

OptIn_beh = (
  (OptInTransaction(team1, 10) + OptInTransaction(team2, 11));
  (NewTransaction(Yes) . CHOOSING_TRANSACTION_TYPE +
  NewTransaction(No) . EndPoint
  );
  (EndPoint)
),

```

OptInTransaction(team1, 10) is a function to which we pass as parameters the Team on which the user bets and the amount of the bet. Next, in this function, we update the local state of the smart contract (the size of the user's bet) and the global state, which stores the total amount of the bet for this team.

The behavioral algebra constants include successful completion – Δ (Delta), indeterminate behavior – $\perp$, and deadlocked behavior – 0, which is a neutral element of the non-deterministic choice. Fig. 3 shows that the model reaches the delta state, which can indicate that the launch of the developed model has been completed successfully. This means that there are no deadlocks in the smart contract code. It can be confirmed by a fragment of the trace.

This trace fragment describes the values of environment variables and agents in the final state – Delta. Below are the results of the symbolic simulation:

```

(sc.BidSum) == 11 &&
teamTotal((team2)) == 11 &&
teamTotal((team1)) == 40 &&
(sc.typeTransaction) == (OptIn) &&
(sc.id) == 1

```

Here we see that the smart contract has been created, with id 1. Bets have been placed. So for the first team, the sum of bets is 11, and for Team2 – 40.

Thus, in the course of our work we:

- created a formal model of the smart contract using an insertion modeling system;
- verified that there are no deadlocks in the smart contract code;
- formalized the most common vulnerability in TEAL smart contracts using Safety Condition.

Described approach allows us to analyze the smart contract code for the presence of deadlocks, livelocks, reachability, and non-deterministic behavior.

As mentioned earlier, an important part of smart contract verification is proving assertions. Insertion modeling also allows us to test assertions in smart contract code using both concrete and symbolic values. This makes formal verification a more effective method of ensuring the correct execution of a smart contract than regular testing techniques.

6 Conclusion

This paper discusses the possibilities of using insertional modeling to analyze smart contract code for the Algorand blockchain. Smart contracts for this blockchain are developed using the TEAL language. We have provided an overview of the tools that allow us to verify TEAL smart contracts and analyzed the capabilities that each of them provides. We described the

features of TEAL and the principles of its operation. We also gave examples of the basic operations that this language allows us to perform.

In this paper, we also propose our smart contract verification method. It consists in using the algebraic approach, which is implemented in the scope of the insertion modeling system (IMS) to analyze smart contract code. Using this method, we can analyze a smart contract for properties like deadlocks, livelocks, reachability, and non-deterministic behavior. It is also possible to test assertions in the smart contract code.

In the course of further research, it is planned to formalize known vulnerabilities in the form of templates using the insertion modeling system. The translator will be developed to automatically translate smart contract code into a model in insertion modeling syntax. Further, thanks to the built-in matching algorithms, we will be able to prove the reachability of vulnerability patterns on a set of smart contract actions. This will make it possible to further develop software tools that can automatically analyze the code of smart contracts and detect vulnerabilities.

REFERENCES

1. Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Decentralized business review.
2. What are smart contracts on blockchain?, IBM. URL: <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts>
3. Jesse Coghlan. (2022, May 03). More than \$1.6 billion exploited from DeFi so far in 2022. Cointelegraph. URL: <https://cointelegraph.com/news/more-than-1-6-billion-exploited-from-defi-so-far-in-2022>
4. The world's most powerful and sustainable blockchain. <https://algorand.com/>
5. The smart contract language. Algorand Developer Portal. URL: <https://developer.algorand.org/docs/get-details/dapps/avm/teal/>
6. Graviton. URL: <https://github.com/algorand/graviton>
7. Graviton Algorand. URL: <https://github.com/algorand/graviton/blob/main/graviton/README.md>
8. Tealer. URL: <https://github.com/crytic/tealer>
9. Vara Prasad Bandaru. (2022, February 09). Detector Documentation. URL: <https://github.com/crytic/tealer/wiki/Detector-Documentation#missing-assetcloseto-field-validation>
10. Algo Builder. Testing TEAL. URL: <https://algebuilder.dev/guide/testing-teal.html>
11. Letichevsky, A., & Gilbert, D. (2000). A model for interaction of agents and environments. In *Recent Trends in Algebraic Development Techniques: 14th International Workshop, WADT'99, Château de Bonas, September 15–18, 1999 Selected Papers* 14 (pp. 311–328). Springer Berlin Heidelberg.
12. Letichevsky, A. A., & Gilbert, D. R. (1996, October). A universal interpreter for nondeterministic concurrent programming languages. In *Fifth Compulog network area meeting on language design and semantic analysis methods*.
13. Letichevsky, A., Letychevskiy, O., Peschanenko, V., & Poltorackij, M. (2017, September). An algebraic approach for analyzing of legal requirements. In *2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)* (pp. 209–212). IEEE.
14. Letychevskiy, O. O., Peschanenko, V. S., & Poltorackiy, M. Y. (2022). Algebraic approach to the analysis of legal documents. *PROBLEMS IN PROGRAMMING*, (3–4), 117–127.
15. Letychevskiy, O., Peschanenko, V., Radchenko, V., Poltoratskiy, M., & Tarasich, Y. (2019). Formalization and algebraic modeling of tokenomics projects. In *CEUR Workshop Proceedings* (pp. 577–584).

16. Letychevskiy, O., Peschanenko, V., Poltoratskiy, M., & Tarasich, Y. (2020). Our approach to formal verification of token economy models. *In Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications: 15th International Conference, ICTERI 2019*, Kherson, Ukraine, June 12–15, 2019, Revised Selected Papers 15 (pp. 348–363). Springer International Publishing.
17. Letychevskiy, O. O., Peschanenko, V. S., Poltorackiy, M. Y., Tarasich, Y. H., & Vinnyk, M. O. (2022). Formal semantics and analysis of tokenomics properties. *PROBLEMS IN PROGRAMMING*, (3–4), 128–138.
18. Letychevskiy, O., Tarasich, Y., Peschanenko, V., Volkov, V., Sokolova, H., & Poltoratskiy, M. (2022, November). Algebraic Modeling as One of the Methods for Solving Organic Chemistry Problems. *In Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications: 17th International Conference, ICTERI 2021*, Kherson, Ukraine, September 28–October 2, 2021, Revised Selected Papers (pp. 180–202). Cham: Springer International Publishing.
19. Letychevskiy, O. A., Peschanenko, V., Poltoratskiy, M., & Tarasich, Y. (2020). Platform for Modeling of Algebraic Behavior: Experience and Conclusions. *In ICTERI Workshops* (pp. 42–57).
20. Jacobson, F., & Andersson Kasche, G. (2022). Tracing of Second-Life Computer Components using Smart Contracts on the Algorand Blockchain: A study on how blockchain technology can benefit the life cycle of computer components.
21. Letichevsky, A. A., Kapitonova, Y. V., Volkov, V. A., Letichevsky, A. A., Baranov, S. N., Kotlyarov, V. P., & Weigert, T. (2005). Systems specification by basic protocols. *Cybernetics and Systems Analysis*, 41, 479–493.
22. Letichevsky, A., Kapitonova, J., Letichevsky Jr, A., Volkov, V., Baranov, S., Weigert, T.: Basic protocols, message sequence charts, and the verification of requirements specifications. *Computer Networks*, 49 (5), 661–675 (2005).

Летичевський О.¹, Песчаненко В.², Полторацький М.³, Коннова О.⁴

¹Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

^{2, 3, 4}Херсонський державний університет, Херсон, Україна

АЛГЕБРАЇЧНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СМАРТ-КОНТРАКТІВ НА TEAL

Блокчейн та смарт-контракти змінили сучасний світ. Вони допомагають забезпечити безпеку та довіру до транзакцій, революціонізують фінанси, логістику, охорону здоров'я та багато інших галузей. Смарт-контракти засновані на програмному коді, тому можуть містити помилки, які призводять до некоректного виконання контракту. Оскільки сфера використання смарт-контрактів часто пов'язана з фінансами, ціна таких помилок може бути досить високою. Крім того, помилки в смарт-контрактах, які вже були надіслані в мережу, неможливо виправити через незмінну природу блокчейна. Цю проблему можна вирішити за допомогою верифікації коду смарт-контракту, який дозволяє розробникам перевірити правильність свого коду та захистити його від можливих помилок і вразливостей.

У цій статті пропонується використання інсерційного моделювання для верифікації коду смарт-контракту для блокчейну Algorand. Цей блокчейн є одним із найшвидших та недорогих блокчейнів, який має розширені можливості смарт-контрактів із низькою комісією за транзакції. Мова, яка використовується для створення смарт-контрактів в Algorand, називається Transaction Execution Approval Language (TEAL).

У цій роботі ми розглядаємо наявні інструменти для перевірки коду TEAL і описуємо можливості, які надає кожен з них. Серед цих інструментів – Graviton, Tealer, Algo Builder/runtime. У цій статті ми описуємо особливості мови TEAL, а також наводимо приклади написання смарт-контракту з її використанням.

Ми пропонуємо власну методику верифікації створеного смарт-контракту. Він полягає у використанні алгебраїчного підходу, який реалізовано в рамках системи інсерційного моделювання для перевірки коду смарт-контракту. Такий підхід дозволить нам перевірити код смарт-контракту на досяжність і наявність взаємоблокувань та недетермінізмів.

Ключові слова: блокчейн, смарт-контракти, TEAL, інсерційне моделювання, алгебраїчне програмування, верифікація

Стаття надійшла до редакції 30.11.2023

The article was received 30 November 2023

UDC [37.016.018.43:004]:37.014.6(477)

Oksana Polinkevych, Olena Kuzmak

Lutsk National Technical University

ORCID 0000-0001-6924-7296

ORCID 0000-0003-0394-0981

***THE QUALITY OF DISTANCE EDUCATION WITH ICT:
SIMULATION OF THE UKRAINIAN SCENARIO***

DOI 10.14308/ite000775

The article scientifically researches the theoretical, methodological, and analytical aspects of the quality of education in distance learning using ICT. Attention was drawn to such aspects as the low level of awareness of ICT, the transition to mixed learning, the availability of distance courses on distance learning platforms in Ukraine, the unsatisfactory quality of distance courses. The essence of distance learning is summarized, and the features of distance learning of students in the field of knowledge "Information Technologies" are given. The problems arising during distance learning in the knowledge "Information technologies" field have been identified. The quality of distance education and the role of ICT in providing it are described. A descriptive model of the quality of distance education using ICT in the field of knowledge "Information Technologies" is proposed. An expert study was conducted on the quality of education at the university on the example of the Lutsk National Technical University, the use of learning platforms, and types of ICT, a comparison was made with all-Ukrainian trends. The results of the survey and their analysis are presented. It is proposed to use mixed and distance (synchronous) forms of education. It has been established that the key component of quality distance education is the constant monitoring of processes and the development of NPPs, which are ready to convey explicit and implicit knowledge to students. This will be facilitated by a descriptive model of the quality of distance learning using ICT, which has three stages: description and characterization of the external environment, implementation of the model itself, and constant monitoring of goal achievement.

Keywords: distance education, quality of education, ICT, modeling, digital skills, descriptive model

1. Introduction

Global informatization of society is one of the main trends in the development of humanity in the 21st century. One of the promising directions of the development of modern education is the use of distance learning technologies, which are designed to meet the requirements of the new educational paradigm of the information society, namely: the implementation of mass education for all categories of the population regardless of their place of residence, support of open, person-oriented and continuous learning of a person throughout his life, improvement of professional training in institutions of higher education by meeting various needs of applicants. Education should become a social institution that can provide a person with various services, in particular, obtaining postgraduate and additional education, which allows continuous learning. This process is impossible without the introduction of distance learning in the educational institutions of Ukraine. There is a need to form a typical model for the implementation of distance learning in ICT, which would contribute to the quality of education. Ensuring the socio-political and socio-economic development of the country is possible only if there is an adequate level of quality of higher education. Nowadays, interactive distance learning technologies are becoming more and more popular, the use of which makes it possible to



eliminate the problem of the lack of live contact between teachers and students. The basis of these technologies is the intensive and controlled independent work of students who can study in a place convenient for them, according to an agreed schedule, under the guidance of teachers-mentors, without visiting educational institutions. The main technologies with which the participants of the educational process can communicate remotely based on the educational platform are Moodle, e-mail, messengers (Viber, Telegram), video conferences (Zoom, Google Meet, Skype), and the free service for distance learning Google Classroom. For distance learning, the following rules must be followed: appropriateness of reading materials and assignments, technological tools, teacher feedback/feedback and communication with the teacher, course organization, clarity of goals and requirements, and content format. The main task of using ICT in an educational institution is to create the most favorable conditions for those who study, obtain higher education, prepare for admission to educational institutions, improve their qualifications, and retrain personnel based on the introduction of the latest information, communication, and psychological-pedagogical learning technologies. The strategic goal of the implementation of information and communication technologies in an educational institution is the implementation of distance learning as a full-fledged form of obtaining higher education.

The purpose of this research is to summarize approaches to the quality of distance learning in the field of knowledge "Information Technologies" and to develop a descriptive model of distance learning in Ukraine. Based on the goal set in the work, the following main tasks will be performed:

1. Summarize existing theoretical approaches to distance learning in Ukraine.
2. To highlight the main problems of distance learning, which lead to the deterioration of the quality of education.
3. Investigate the role of ICT in ensuring the quality of distance learning.
4. Build a descriptive model of the quality of distance education using ICT in the field of knowledge "Information technologies"

The essence of distance learning

Distance education appeared in Europe in the 19th century. as "correspondence learning", i.e. "distance learning". In the 20s of the XX century in Ukraine, a different type of correspondence education emerged – correspondence education, which was widely used in educational institutions of various types. In 1982, at an international conference in Canada, the term "correspondence education" was changed to the term "distance education". It should be noted that correspondence education is often equated with distance learning, in which information and communication technologies are used. On the other hand, the use of these technologies for any form of education is also equated with distance learning. It should be recognized that correspondence and distance forms of education have one common feature: in both cases, the teacher and the student are at a distance. Everything else, in particular the organization of educational and methodical support, its selection, structuring, organization of the educational process, and even control, are carried out in fundamentally different ways. Distance education has acquired its specificity, which is based on the principles of the possibility of choosing general educational institutions, academic disciplines, teaching staff, and receiving continuous education regardless of time and place of stay. Some functions of both the teacher and the student are changing. For teachers, organizational and educational skills are strengthened and the communicative component is reduced, and training is carried out in various forms (classroom, evening, extracurricular, etc.). Students get access to information support at a time convenient for them and save it, making it more productive. This provides an opportunity to get an education in a shorter period compared to studying in a traditional form.

B. Holmberg [1] and O. Simpson [2] write that distance learning is "a new specific form of learning that involves the use of certain approaches, methods, didactic means of interaction between the teacher and students." Considerable attention to the quality of distance education is due to its direct connection with the phenomenon of the standard of living of the population.

There is a direct relationship between investment in a person's education and his level of well-being (according to the theory of human capital by T. Schulz and H. Becker), and the content of human capital is determined by the growth rates of well-being depending on the level of education, the dependence between unemployment levels, a person's age and his education (amount of knowledge, abilities, skills, and qualifications), as well as the relationship between a person's giftedness and the level of his education, etc.[3]. Recently, the problems of distance education and ensuring its quality have become increasingly relevant and attract the attention of both foreign and domestic scientists. The problem of the quality of higher education given its significance, which is due to a direct connection with the phenomenon of the quality of life of the population, was developed by T. Schultz and G. Becker in 1964 [3].

Note that together with the implementation of distance education, electronic education or e-education (similar to e-society, e-government, etc.) is used as a type of distance education, in which participants and organizers of the educational process use electronic transport systems for the delivery of educational materials and other information objects, Internet/Intranet computer networks, media-learning tools and information and communication technologies (ICT).

The emergence of e-education caused the creation and use of special software tools for e-distance learning information systems to improve the conditions of subject-subject interaction during training. Information systems made it possible to support the educational process due to the expansion of the possibility of using software, using the information field with the ability to receive educational information, store it and process it.

Distance education has been introduced in Ukraine since 2000. It is regulated by the Concept of the Development of Distance Education in Ukraine and the Regulations on Distance Education of the MON of Ukraine [4], [5].

Distance education in the world has new features – switching attention to innovation, which can ensure profitability for educational institutions, and create easy access to ICT. However, open and distance education has a strong history of being an education for those who would not otherwise have access to education. There is a risk that these values and visions may become secondary or de-prioritized as the world moves to online education. Fifty years ago, distance education was transformed with the beginning of the open university movement. This transformation was based on the values and vision of educators. These values and visions should be as important as the policy environment, demand, and ICT access for open and distance education in the digital age [5], [6].

Distance education has existed for many years, mainly in the form of correspondence education. The nature of distance learning varies from country to country for reasons related to geography, culture, history, and available technological capabilities. In all cases, however, students are separated either by time, location, or physical proximity from the institutions and teachers who offer the training. Twenty-first-century distance learning is an electronic, synchronous or asynchronous, and Internet-based enterprise [7].

For the successful implementation of distance education, it is recommended to improve information filters, visualization tools, and personal assistance from information providers. In addition, digital literacy courses should be used to improve digital reading skills, taking into account emotional factors [8].

1.1. Quality of distance education

In the context of distance education, the most problematic issue is determining its quality. Therefore, the majority of modern methodologies for assessing the quality of life of the population provide "the need for examination of the quality of education with the subsequent use of the obtained indicator at the level of one of the components of the final result. For example, the methodologies for calculating the quality (level) of life of many international institutions (the Organization for Economic Cooperation and Development, the European Fund for the Improvement of Living and Working Conditions, the European Committee for Statistical

Systems, the United Nations, etc.) provide for the assessment of the quality of education at the level of one of the integral components of the final result" [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15].

According to the results of the first nationwide study of the level of digital skills in 2019, 53% of the population of Ukraine had digital skills below the "basic level" mark (according to the methodology for assessing digital skills used by the European Commission). A follow-up survey in 2021 showed a gradual increase in digital skills. Thus, the share of Ukrainians whose digital skills are below the "basic level" mark decreased by 5.2% or by 1.42 million people and currently amounts to 47.8%. At the same time, the share of Ukrainians who do not have any digital skills ("No skills") decreased by 4% or by 1.09 million people. What are the specifics of digital skills? Communication and information skills remain more developed since 2019. 79.2% Communication skills – a level above basic skills 78.9% Information skills – a level above basic skills At the same time, the following remain “slumping”: 55.8% Skills for solving life problems – a level above basic skills 36.8% Skills creating digital content is a level above basic skills (Ministry of Digital Transformation <https://osvita.diiia.gov.ua/research>).



Fig 1. Map of digital skills of Ukraine

*Source: [16].

The quality of distance learning depends on access to the Internet (Fig. 2). According to the Ministry of Digital Transformation, 91.8% of users have access to the Internet. But only 59.9% of users use the Internet at work or the place of study, that is, it is necessary to expand Internet access points in educational institutions, including in institutions of higher education. In public places, only 53.7% of users use the Internet.

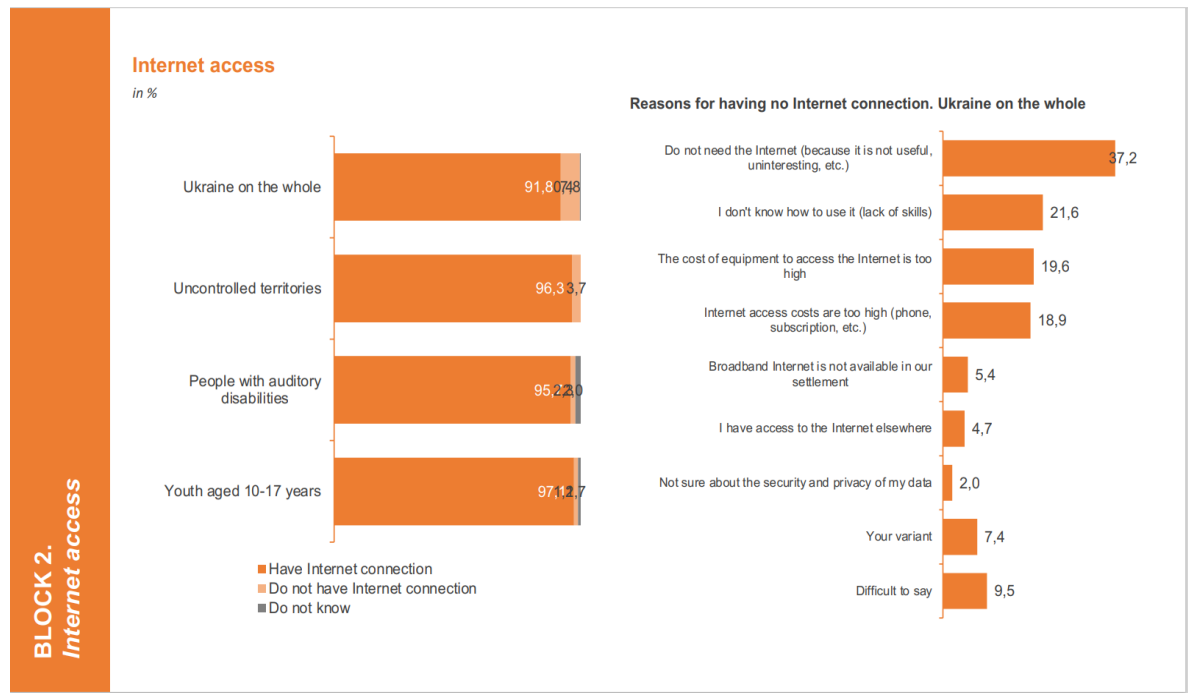


Fig 2. Internet access in Ukraine

*Source: [16].

Also, the Ministry of Education and Science of Ukraine defined the issue of the quality of education at the priority level, which should take place in the following directions:

1. Adherence to European standards in higher education development.
2. Awareness of new understanding of quality assurance content and procedures.
3. Implementation of the directions of higher education reform approved by the government; improvement of the quality assurance system [17].

These directions are revealed through the prism of the development of higher education in the countries of the European Union:

1. Prevention of mismatch of competencies acquired during education with the needs of the future.
2. Creation of comprehensive systems of higher education.
3. Ensuring the contribution of higher education institutions to the innovative economy.
4. Support highly efficient and productive systems of higher education.

In addition, they correspond to the acquisition of such competencies, which the EU defines as the most important for the development of higher education:

1. High-level digital competencies.
2. Autonomy.
3. Critical thinking, ability to solve problems.

1.1.1. The role of ICT in ensuring the quality of education

The ability of ICT to ensure the quality of the obtained education is carried out through the determination of the economic effect; communication risks; content of the quality assessment system and technologies of its use, etc. Evaluation of educational communication of the quality of education obtained with the help of ICT was actualized at the level of distance education since it is this form of acquiring professional knowledge that makes the most extensive use of ICT capabilities for receiving/transmitting educational information. Among the advantages of distance education are defined:

1. The freedom of the student of higher education in choosing the pace of assimilation of educational material,

2. Opportunities to obtain higher education in those higher education institutions, in which studying within the traditional forms of organization of the educational process for a specific person is impossible.

3. Ability to study at a convenient time,

4. The ability to influence the configuration of the educational program and reduce the risk of prejudice on the part of subjects of educational communication.

Disadvantages of the distance form of education are pointed out

1. At the level of a higher education applicant: (individual, socio-psychological, and physiological characteristics of a person and qualitative characteristics of his work opportunities).

2. At the organizational and methodical level of the implementation of the educational program (impossibility to timely correct erroneous actions of the student of higher education).

We would like to emphasize that in terms of content, distance education provides an opportunity to realize the potential of the state of freedom, and with a competent organization of the educational process and the availability of appropriate educational materials, the effectiveness of distance education is comparable to the effectiveness of full-time education, all other things being equal.

There are many aspects of a distance learning system to ensure the success of an online program – student, content, faculty, program, infrastructure, and human resources. Improving the quality of distance learning is possible if reading materials and assignments are appropriate; technological tools; teacher feedback/feedback and communication with the teacher; course organization; clarity of goals and requirements; content format.

Without high-quality distance learning, building a modern system of continuous learning is impossible. The quality of education consists of the compliance of the knowledge and skills of the graduates of the educational institution with the requirements arising from the labor market. The ability of ICT to ensure the quality of education is carried out through the determination of the economic effect, communication risks, the content of the quality assessment system, and the technologies of its use, etc. At the same time, the assessment of the quality of distance education in everything should be close to the assessment of the quality of traditional full-time or part-time education and should meet the same requirements. This can be done through the identification of factors (system elements), managing which it is possible to ensure the necessary quality of education and evaluate the indicators of the organization, process, and means of education.

1.1.2. The level of development of distance learning at LNTU

The Center for Social Expertise at the Institute of Sociology of the National Academy of Sciences of Ukraine presented the results of the study "Access to education during the restrictions of COVID-19". Accordingly, the main problems of distance learning are:

1. Limited access of students to computers - most families have two or three children, and parents also work remotely.

2. Lack of modern mobile devices – mobile devices do not support a number of applications that are required to perform technical tasks.

3. Poor internet connection quality – the internet connection is unstable and works with interruptions during video conferencing.

4. The irregular working day of scientific and pedagogical workers – teachers must be on call 7 days a week for 12 hours a day.

The research was conducted during January-February 2021 in 5 regions of Vinnytsia, Dnipropetrovsk, Kherson, Chernihiv, Chernivtsi [18].

We conducted a scientific study among students and teachers of the Lutsk National Technical University in the Volyn region regarding the problems of distance learning in technical specialties. The survey was conducted at the Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Faculty of Customs Affairs, Materials, and Technologies, Faculty of Agricultural Technologies

and Ecology, Faculty of Architecture, Construction, and Design. Distance learning is conducted on the Moodle platform (table 1).

Table 1
Distance learning at the Lutsk National Technical University
in the field of knowledge "Information Technologies"

Indicator	1 year	2 year	3 year	4 year	1 year of master's degree
Number of active distance courses in the field of knowledge "Information technologies"	81	72	54	52	28
Software engineering	25	20	10	6	7
Computer Science	9	7	9	7	15
Computer Engineering	24	25	18	25	5
Cyber security	21	20	17	14	1
Information systems and technologies	2	0	0	0	0
Number of educational programs in the field of "Information technologies"	5	4	4	4	3
Number of distance courses in the field of "Information technologies" per educational program in the field of "Information technologies"	16,2	18	13,5	13	9,3
The total number of active distance courses in technical specialties	265	210	192	226	138
The number of educational programs in technical specialties	20	20	20	20	19
The number of distance courses for one educational program in technical specialties	53,6	42,3	38,4	46,6	28,6

Source: [19]

Table 1 shows that the largest number of distance courses were developed and implemented in the first and second years in the field of "Information Technologies", and in technical specialties in the first and fourth years. However, considering the number of distance courses per educational program, this indicator is quite low. In the first year in the "Information Technologies" field, it averages 16, in the second year 18, in the third year 13.5, in the fourth year 13, and in the first year of the master's degree 9.3. According to technical specialties, this indicator is on average equal to 53.6 for the 1st year, 42.3 for the 2nd year, 38.4 for the 3rd year, 46.6 for the 4th year, and 28.6 for the first year of the master's degree. This is a rather low indicator, considering that the training plan for applicants includes 28–32 subjects for a bachelor's degree and 6 subjects for the 1st year of a master's degree.

For the field of "Information technologies", a survey of 100 education seekers was conducted on four questions:

the quality of teaching of scientific and pedagogical workers in points from 1 to 3. Where 1 – the student of education learned a lot, the material is logical and structured, 2 – the student of

education deepened his knowledge, but did not expand it, 3 – the student of education did not learn anything new;

problems with the Internet connection in points from 1 to 3. Where 1 is a good Internet connection for the teacher and the student, 2 is an unstable Internet connection for either the teacher or the student, 3 is problems with the Internet connection on both sides, classes were not held through video conferences;

ease of use of the Moodle platform for learning in points from 1 to 3. Where 1 – the Moodle platform is understandable for learning, everything is accessible and logical, 2 – there were problems from the technical side regarding sending tasks for assessment, 3 – there were problems both from the technical side and content;

the level of communication with the teacher in points from 1 to 3. Where 1 – the teacher was always in touch, 2 – the teacher answered every other day, 3 – there was no communication with the teacher;

the level of ICT use in classes in points from 1 to 3. Where 1 is a sufficient level, of new programs and technologies, 2 – the teacher has only certain programs and technologies, and 3 – the teacher is weakly oriented in ICT.

The work uses the method of expert evaluations [20][21][22]. The results of the study are presented in the table. 2.

Table 2
Results of distance learning quality surveys at Lutsk National Technical University
in the field of knowledge "Information Technologies"

Indicator	1		2		3	
	m	f	m	f	m	f
Teaching quality of scientific and pedagogical teachers	20	10	35	15	18	2
Internet connection problems	14	12	10	22	20	22
Ease of use of the Moodle platform for learning	18	19	16	20	15	12
The level of communication with the teacher	15	19	20	19	18	9
The level of ICT use in classes	16	15	19	22	18	10
In general	83	75	100	98	89	55

According to the results of the survey, it was established that the majority of male students believe that they have deepened their acquired knowledge, but not expanded it, while women are inclined to the fact that they have obtained an average level of knowledge. Most of the men believe that they had an unstable internet connection with either the teacher or the learner, while the women had problems with the internet connection on both sides, the classes were not conducted via video conferencing. During the execution of tasks on the Moodle platform, there were technical problems with sending tasks for assessment to both men and women. The level of communication with the teacher was insufficient, as the answer did not come immediately, but the next day for men and on average for women. In general, on average, it can be stated that both men and women rated the quality of distance learning at 2 points, i.e. at an average level.

This level requires the development of a descriptive model of the quality of education using ICT.

In general, a survey was conducted among students of the field of knowledge "Information Technologies" of the Lutsk National Technical University regarding the types of use of ICT (table 3).

Table 3
Types of use of ICT in the educational process among students of the field of knowledge "Information Technologies" of the Lutsk National Technical University

Type of ICT	Characteristic	Types
Educational	Communicate educational information, form knowledge, skills and abilities of educational or practical activities	Interactive whiteboard, interactive tables, digital books, laptops, multimedia resources
Training	Intended for consolidation of abilities and skills, repetition of learned material	Virtual educational platforms, educational robotics, virtual reality, game consoles
Information-search and reference	Information is communicated, the ability to systematize it is formed	Educational platforms Moodle, JavaScript, Python, EdEra, Campaster, Coursera, EdX, Udacity, Canvas Network, Udemy, Prometheus, Future Learn, OpenupEd, Inversity, Stanford Open EdX, Codecademy, BYM, Emeritus, ITVDN, Google Classroom
Demonstration	Visualize objects being studied for the purpose of their research and study	Means of telecommunication (video conferences Zoom, Google Meet, forums)
Imitation	Represent a certain aspect of reality for studying its structural and functional characteristics	PhET University of Colorado Boulder
Laboratory	Enables to conduct of remote experiments on real equipment	Figma, Boosta (SEO and link building, SMM and targeting from scratch, Fiverr for freelancers as well Customer Care: Support & Sales), METANIT, – Cross-platform IDE (https://www.monodevelop.com/), C# online compiler (https://dotnetfiddle.net/)
Modeling	Objects can be modeled to study them	Creative Practice, Codecademy, ITVDN, Figma, CISCO, JavaScript, Python, Ligonom Community, Visual Studio
Educational games	Create educational situations, the activity of which is implemented in a game form	Codecademy, Ukrainian Global Faculty, Zooniverse, the portal of the American Library Association International Games Week, Fold.it, Planet Hunters, The Games and Gaming Round Table — GameRT, Plagiarism: Goblin Threat Plagiarism Game, LARP, Game platforms Cyberdura. ASUV "Slavutich"

Source: [23], [24]

From Table 3, it can be concluded that the field of knowledge "Information Technologies" uses many types of ICT. Most actively in education, teachers use educational, information-search and reference, demonstration, laboratory, and simulation. Students study on Moodle, Google Classroom, CISCO, METANIT, and Ligonom Community, MonoDevelop, and Visual Studio platforms. Educational and gaming ICT and simulation are practically not used. Because of the Lutsk National Technical University, a survey was conducted regarding distance learning platforms (Table 4).

Table 4
Distance learning platforms
at the Lutsk National Technical University in 2020-2022

Distance learning platform	2022	2021	2020	%
Distance learning platforms are used to study disciplines	1095	1250	870	25,86
Students on the knowledge base "Information Technologies"	165	185	152	8,55
Moodle	414	813	653	-36,55
Google Classroom	17	288	383	-95,56
Telegram	18	5	4	B 3,5 p.6.
Discord	1	0	0	100,00
Google meet	18	10	11	63,64
Viber	20	63	61	-67,16
Moodle, Zoom	300	100	26	B 10,5 p.6.
Zoom	300	100	26	B 10,5 p.6.
E-mail	0	13	9	-100,00
Moodle by knowledge base "Information technologies"	62	120	114	-45,28
Google Classroom by knowledge base "Information technologies"	3	43	67	-96,17
Discord by knowledge base "Information technologies"	1	0	0	100,00

Source: [19]

According to the data in Table 4, it can be concluded that in 2020–2022 at the Lutsk National Technical University, subjects were taught on Moodle and Zoom remote platforms. Their use increased by 10.5 times during this period. In 2022, another Discord platform was added. It is used by students in the field of knowledge "Information technologies". If we compare distance education in Ukraine, the most common in 2020 is Viber, E-mail, Youtube, School website, Classroom, and Zoom (fig. 3).

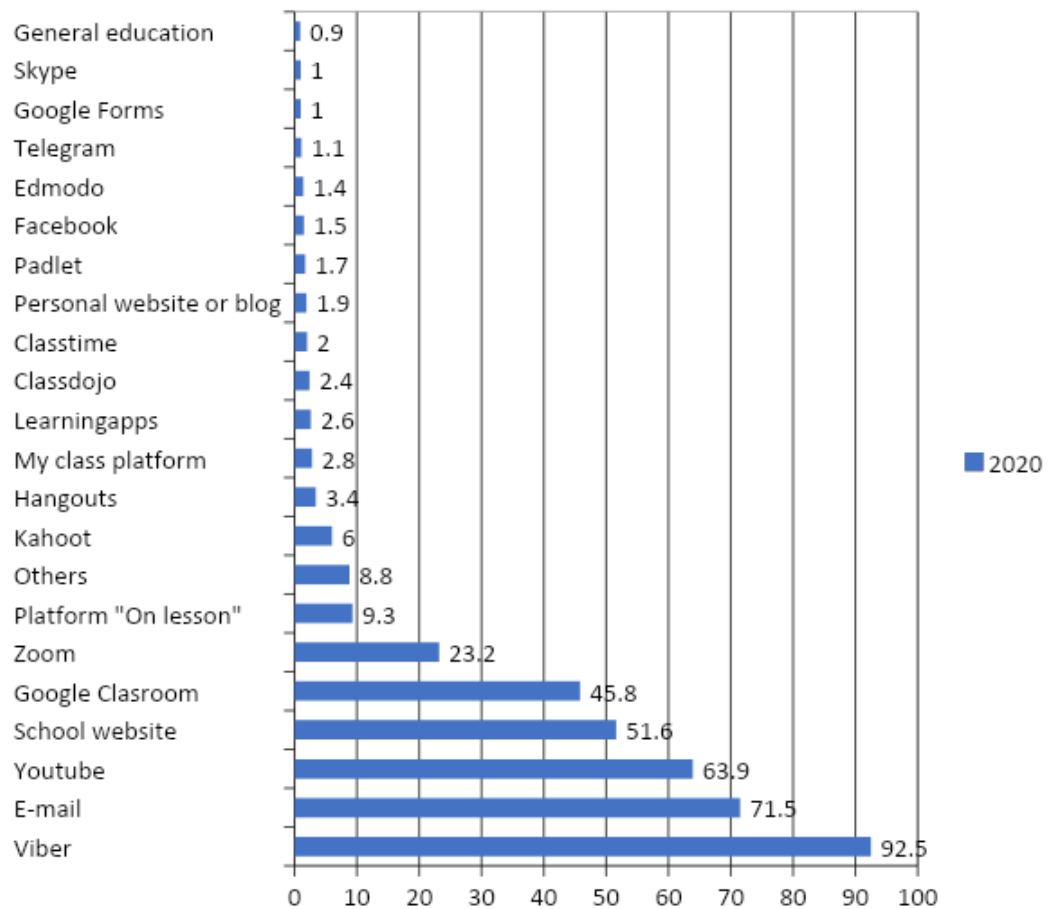


Figure 3: Distance learning platforms in Ukraine, %

Source: [25]

Similarly, as in institutions of higher education, Classroom and Zoom remain popular platforms for distance learning. However, most higher education institutions use Moodle.

1.1.3. Descriptive model of the quality of education using ICT

The results of the study of the quality of higher education using ICT made it possible to form a descriptive model of the quality of education for universities in the field of knowledge "Information technologies".

We will build a descriptive model according to the following stages.

Stage 1. Description and characterization of the external environment. Distance learning has been introduced in Ukraine since 2004. However, due to the COVID-19 pandemic and the war, it began to be actively used in 2019. In all regions of Ukraine, most educational institutions use distance (synchronous) learning, except Luhansk and Cherkasy, where distance (asynchronous) education prevails.

Since March 14, 2022, educational institutions have resumed the educational process as much as possible in a distance form (81.9%) or, taking into account the peculiarities of the state of the territory and the course of military operations, in a mixed (face-to-face) form (17.9%). And the results of the survey confirm the ability of higher education institutions in the difficult conditions of martial law to conduct the educational process in the usual forms, which were successfully tested during 2020-2021 during the global COVID-19 pandemic (Table 5):

Table 5
Distance learning platforms
at the Lutsk National Technical University in 2020-2022

Region	Remotely (asynchronously)	Remotely (synchronously)	Mixed form	Full-time training
Vinnitsia	3,3	92,9	1,9	1,9
Volyn	30,5	60,8	7,5	1,3
Dnipropetrovsk	8,0	84,2	4,8	3,0
Donetsk	20,0	74,3	2,9	2,9
Zhytomyr	9,2	82,1	7,7	1,0
Zakarpattia	5,0	92,2	1,5	1,3
Zaporizhzhia	16,2	33,9	49,0	0,9
Ivano-Frankivsk	5,2	93,1	0,7	0,9
Kyivska	8,6	87,5	2,3	1,7
Kirovohrad	6,1	87,2	5,3	1,3
Luhansk	66,7	33,3	0,0	0,0
Lviv	13,8	78,0	2,5	5,8
City Kyiv	10,7	86,3	2,2	0,9
Mykolayiv	3,1	82,8	14,1	0,0
Odesa	6,8	90,1	1,6	1,6
Poltava	12,7	57,4	28,1	1,8
Rivne	10,3	86,2	2,4	1,0
Sumy	29,7	57,7	11,8	0,9
Ternopil	6,3	87,3	4,2	2,2
Kharkiv	18,5	79,1	1,5	0,9
Kherson	40,3	49,3	5,2	5,2
Khmelnysky	10,5	86,1	3,2	0,2
Cherkassy	0,3	99,2	0,0	0,5
Chernivtsi	4,3	87,3	7,5	0,9
Chernihiv	53,8	25,0	21,3	0,0

Source: [26]

So, as the results of the scientific research show, among the possible formats of organization of the educational process by higher education institutions in the conditions of martial law, priority is given to synchronous (74.9%), which allows to provide quick and direct feedback and, of course, to achieve the desired results as efficiently as possible teaching. Educational institutions that carry out educational activities in relatively safe territories or those forced to change their actual location due to hostilities in 4 places of their location or temporary occupation of the territory of Ukraine, could apply this regime. In those institutions that continued to work in the territory of active hostilities (Luhansk, Chernihiv, Kherson, Sumy, Kharkiv, Donetsk regions) despite their isolation, training was mainly asynchronous, which made it possible to organize the work of the participants of the educational process according to their own schedule in difficult conditions and at your own pace. At the same time, the asynchronous mode requires applicants to have a fairly high level of self-discipline and a developed ability to manage their time, which can be quite difficult, particularly in the absence of previous experience in such work. Stage 2. Building a descriptive model of the quality of higher education using ICT in the field of knowledge "Information Technologies" in Ukraine. The quality of education is a priority in the activities of most educational institutions. Therefore, distance learning should not impair the quality of education. This especially applies to training specialists in the knowledge "Information technologies" field.

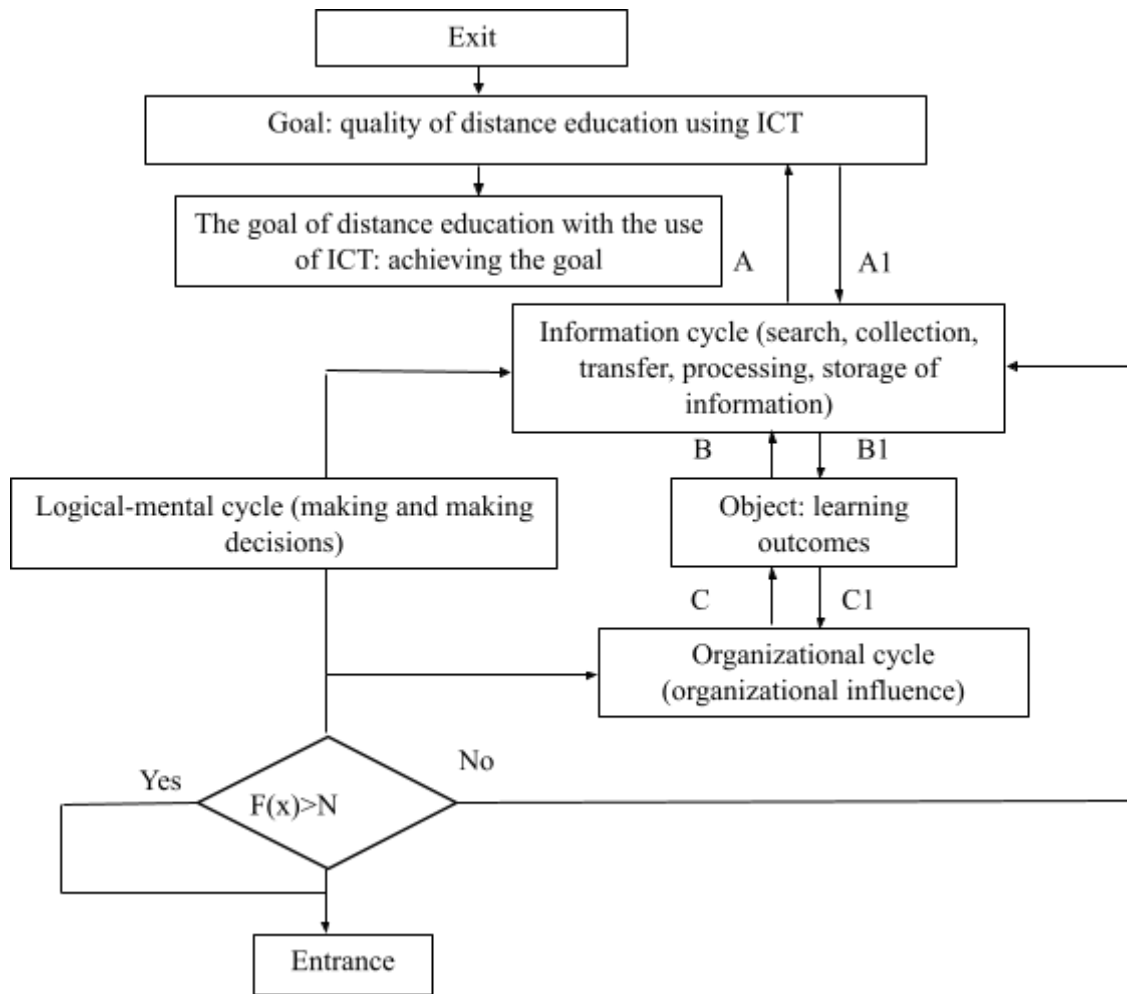


Figure 4: Descriptive model of the quality of higher education using ICT in the field of knowledge "Information technologies" in Ukraine

Source: [25]

A-A1 – external information flows; B-B1 – internal information flows; C-C1 – the organizational influence of the subject on the management object, $F(x)$ – distance education quality function, N – criterion value (acquiring competence, its training and use).

In the descriptive model of the quality of higher education using ICT in the field of knowledge "Information Technologies" in Ukraine, it is important to highlight such features as 1) distance (asynchronous) or mixed form of education should be accompanied by constant monitoring of knowledge and its training; 2) use of various learning platforms, programming languages; 3) involvement of students in projects on the implementation of simple tasks of the national or international level; 4) academic mobility; 5) restrictions on "rationality of behavior".

The criterion values for the performance of the function $F(x)$ can be: 1) mastery of cross-cutting skills, 2) development, interest in learning, psychological and physical comfort, 3) results of EBFF, 4) several completed team projects by students, 5) share of employment of students in international IT companies.

Stage 3. Continuous quality monitoring using ICT in the field of knowledge "Information technologies".

Conclusions. In the conditions of information oversaturation of the modern world, the question of effective management of information, its transformation into a knowledge resource, the use of which makes it possible to solve urgent social problems at a qualitatively new level, is

gaining considerable relevance. Explicit knowledge and organization of its broadcast, providing access to it are often obvious. In the case of explicit knowledge, it is most often about access to it in the form of documents. More complex is the situation with the detection and circulation of tacit knowledge, which can be demonstrated by action, but at the same time, it remains in a non-verbal form. In this case, the initiator, organizer, and participant in the knowledge management process cannot directly provide access to knowledge, since the latter has not yet been formalized, and the bearer of this knowledge may not have identified its presence yet. So, first of all, it is about the organization of an environment conducive to the identification of implicit, informal, or undocumented knowledge. Distance education is such an environment, especially with the use of ICT in the field of knowledge "Information Technologies". The ability of ICT to ensure the quality of the obtained education is carried out through the determination of the economic effect; communication risks; content of the quality assessment system and technologies of its use, etc. In terms of content, distance education provides an opportunity to realize the potential of the state of freedom, and with a competent organization of the educational process and the availability of appropriate educational materials, the effectiveness of distance education is comparable to the effectiveness of full-time education, other things being equal.

The results of research conducted on the quality of distance education allow us to state that it needs the development of actions to improve it. The main problems are 1) a low level of awareness of ICT and its use in the educational process; 2) expanding students' opportunities to exercise their right to choose ICT during education, including simulation, modeling, education, and gaming; 3) gradual transition to mixed education to control the quality of education; 3) a small number of distance courses available on distance learning platforms in Ukraine, the most common being Moodle, Youtube, Classroom, Teams, compared to the content of educational programs; 4) the unsatisfactory quality of filling distance courses, which is associated with a lack of time in the NPP and a lack of desire for professional growth and improvement; 5) advantage in the use of such types of ICT as educational, information-search and reference, demonstration, laboratory, and insufficient attention to simulation, modeling, educational and gaming.

The quality of distance education should be increased, relying on all types of ICT. This can be done using a descriptive model of the quality of education. In the example of the field of knowledge "Information technologies", a descriptive model was built, the implementation of which has three stages: description and characterization of the external environment, a descriptive model of the quality of higher education, and constant quality monitoring.

REFERENCES

1. Holmberg, B. (2005). *The Evolution, Principles and Practices of Distance Education*. Bibliotheks und Informationssystem der Universität Oldenburg.
2. Simpson, O. (2002). *Supporting students in online, open, and distance learning*. Kogan Page Limited.
3. Becker, G. S. (1964). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. Columbia University Press.
4. Regulations on Distance Learning: Order MON № 466 від 25.04.2013. URL: <https://cutt.ly/GzxcPH3>
5. The concept of the development of distance education in Ukraine: Resolution of the MON of Ukraine no 20.12.2020. URL: <https://bz1.cprpp.org.ua/koncepciya-rozvitku-distancijnoi-osviti-v-ukraini-10-38-36-24-01-2022/>
6. Qayyum, A., Zawacki-Richter, O. (2019). The state of open and distance education. In SpringerBriefs in Open and Distance Education. Springer Science and Business Media B.V., 125–140. (SpringerBriefs in Open and Distance Education). doi: 10.1007/978-981-13-5787-9_14
7. Eaton, J. S. (2010). The Role of Accreditation of Higher Education Institutions. *International Encyclopedia of Education* (Thirs Edition), 384–389 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00832-0>

8. Ortoll, E., Cobarsi, J., Canals, A., Cannaway, L. S. (2021). 8 – Information behavior in an online university. *Future Directions in Digital Information. Predictions, Practice, Participation*. Chandos Digital Information Review, 127–144. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822144-0.00008-2>.
9. Kosheleva, O. B., Kravchuk, O. A., Tsyselska O. V. (2022). Ensuring the quality of higher education in the conditions of distance learning". *Issues of cultural studies*, 39, 160–171. doi: <https://doi.org/10.31866/2410-1311.39.2022.256916>.
10. Polinkevych, O., Pavlikha, H., Voichuk, M. (2022). Quality management of the education in higher education institutions of Ukraine on the principles of business social responsibility. *National Interest*, 2 (7), 30–40. URL: <https://sc01.tci-thaijo.org/index.php/NIT/article/view/240178>
11. Polinkevych, O., Kuzmak, O. (2022). Marketing triggers of effective team building as factors of ensuring the quality of education. *Economic Forum*, 4, 83–89. <https://doi.org/10.36910/6775-2308-8559-2022-4-10>
12. Polinkevych, O., Khovrak, I., Trynchuk, V. (2022). Quality Management of Distance Education. *Proceedings of the 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System, MEES 2022*. DOI: 10.1109/MEES58014.2022.10005695
13. Polinkevych, O., Kuzmak, O. (2023). Gamification as a tool for quality management of business education in Ukraine. *National Interest*, 3, 11, 28–40. URL: <http://sc01.tci-thaijo.org/index.php/NIT/article/view/240405/163898>
14. Kuzmak, O. (2023). Quality of education for ensuring sustainable development in Ukraine. *National Interest Academic Journal*, 3/11, 41–47 URL: <https://sc01.tci-thaijo.org/index.php/NIT/>
15. Kuzmak, O. (2022). Educational quality standards and their uninterrupted monitoring as a condition for ensuring sustainable development of education. *National Interest Academic Journal*, 2 /7, 21–29. URL: <https://sc01.tci-thaijo.org/index.php/NIT/issue/view/16515>
16. Digital literacy of the population of Ukraine. According to the results of a nationwide survey. Ministry of Digital Transformation of Ukraine (2021). URL: <https://osvita.diia.gov.ua/research>
17. Hrynevych, L. M. (2019). The quality of higher education as a priority of state policy in the field of higher education. *In Development of the system of quality assurance of higher education in Ukraine, International Conference*. Kyiv, Ukraine. Kyiv National University of Trade and Economics. (2019, June 11–12). URL: <https://knute.edu.ua/file/NjY4NQ==/afdd0bda19a6d3615794b02bdfa92c4d.pdf>
18. The biggest problem of distance learning is called technical support - survey (2021). NUS, May 17. URL: <https://nus.org.ua/news/tehnichne-zabezpechennya-najbilsha-problema-dystantsijnogo-navchannya/>
19. Moodle LNTU. URL: <https://mdl.lntu.edu.ua/admin/search.php>
20. Polinkevych, O., Leshchuk, V. (2014). Structuring of factors influencing the external environment on innovative business processes of enterprises according to the degree of risk. *Actual problems of the economy*, 1, 210–213. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2014_1_26
21. Polinkevych, O. (2016). Criteria for choosing the type of expert evaluation of innovative development of enterprises. *Actual problems of the economy*, 3 (177), 186–191. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2016_3_24
22. Polinkevych, O. (2016). Methodical approaches to the selection of experts to evaluate the innovative development of enterprises. *Actual problems of the economy*, 2 (176), 421–429. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2016_2_46
23. Granchak, T. Yu. (2019). Game technologies as an innovative tool for forming the library and information environment of knowledge management. *Science and innovation*, 15, 2, 91–104. doi.org/10.15407/scin15.02.091

24. Remote platforms for learning, self-development and receiving help and verified information URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/distancijni-platformi-dlya-navchannya-samorozvitku-ta-otrimannya-dopomogi-j-perevirenoyi-informaciyi>
25. Research of the state of implementation of distance learning in Ukraine in March-April 2020. URL: https://nus.org.ua/wp-content/uploads/2020/05/Research2020_ProSvit_MF1.pdf
26. Analytical report on trends in the organization of distance learning in higher education institutions in the 2021/2022 academic year under martial law. URL: https://sqe.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/ANALITICHNA-DOVIDKA-ZVO_12.06.pdf

Оксана Полінкевич, Олена Кузьмак

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

ЯКІСТЬ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ З ІКТ: МОДЕЛЮВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО СЦЕНАРІЮ

У статті досліджено теоретико-методологічні та аналітичні аспекти якості освіти в умовах дистанційного навчання з використанням ІКТ. Звернено увагу на такі аспекти, як низький рівень обізнаності з ІКТ, перехід на змішане навчання, кількість дистанційних курсів на платформах дистанційного навчання в Україні, незадовільна якість наповнення дистанційних курсів. Узагальнено сутність дистанційного навчання та наведено особливості дистанційного навчання студентів галузі знань «Інформаційні технології». Визначено проблеми, що виникають під час дистанційного навчання в галузі знань «Інформаційні технології». Описано якість дистанційної освіти та роль ІКТ у її забезпеченні. Запропоновано описову модель якості дистанційної освіти з використанням ІКТ у галузі знань «Інформаційні технології». Проведено експертне дослідження якості освіти в університеті на прикладі Луцького національного технічного університету, використання навчальних платформ, видів ІКТ, здійснено порівняння із загальноукраїнськими трендами. Наведено результати проведеного опитування та їх аналіз. Запропоновано використовувати змішану та дистанційну (синхронну) форми навчання. Встановлено, що ключовим компонентом якісної дистанційної освіти є постійний моніторинг процесів і розвиток НПП, які готові донести явні та неявні знання до студентів. Цьому сприятиме описова модель якості дистанційного навчання з використанням ІКТ, яка має три етапи: опис і характеристика зовнішнього середовища, впровадження самої моделі та постійний моніторинг досягнення мети.

Ключові слова: дистанційна освіта, якість освіти, ІКТ, моделювання, цифрові навички, описова модель

Стаття надійшла до редакції 23.11.2023

The article was received 23 November 2023

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

Бондаренко Тетяна, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, Умань, Україна, <https://orcid.org/0000-0001-9330-9661>

Tetiana Bondarenko, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-9330-9661>

Витвицький Василь, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна, <https://orcid.org/0000-0003-3682-1612>

Vasyl Vytvytskyi, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-3682-1612>

Коннова Ольга, Херсонський державний університет, Херсон, Україна, <https://orcid.org/0000-0001-5590-9527>

Olga Konnova, Kherson State University, Kherson, Ukraine, okonnova@ksu.ks.ua, <https://orcid.org/0000-0001-5590-9527>

Кузьмак Олена, Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна, <https://orcid.org/0000-0003-0394-0981>

Olena Kuzmak, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-0394-0981>

Летичевський Олександр, Інститут кібернетики імені Глушкова, Київ, Україна, <https://orcid.org/0000-0003-0856-9771>

Oleksandr Letychevskyi, Glushkov Institute of Cybernetics, Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-0856-9771>

Малицька Ірина, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київ, Україна, <https://orcid.org/0000-0003-1598-0120>

Iryna Malytska, Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-1598-0120>

Песчаненко Володимир, Херсонський державний університет, Херсон, Україна, <https://orcid.org/0000-0003-1013-9877>

Volodymyr Peschanenko, Kherson State University, Kherson, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-1013-9877>

Полінкевич Оксана, Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна, <https://orcid.org/0000-0001-6924-7296>

Oksana Polinkevych, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-6924-7296>

Полторацький Максим, Херсонський державний університет, Херсон, Україна,
<https://orcid.org/0000-0001-9861-4438>

Maksym Poltoratskyi, Kherson State University, Kherson, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0001-9861-4438>

Тарас Ірина, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-9865-0778>

Iryna Taras, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-9865-0778>

АНОТАЦІЇ / SUMMARY

Бондаренко Т.

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, Умань, Україна

ДИНАМІЧНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ЗАСОБАМИ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ІНСТРУМЕНТУ TIMELINE JS

У статті розглядаються особливості застосування мультимедійного інструменту Timeline.JS для візуалізації навчального матеріалу. Вплив інформаційно-комунікаційних технологій на ланку освіти призводить до того, що візуальний спосіб подачі інформації стає більш популярним та затребуваним, унаслідок чого з'явилася необхідність шукати інтерактивні підходи до ефективної передачі знань, умінь та досвіду споживачам освітніх послуг.

Акцентовано увагу на можливостях застосування стрічки часу як нового інструменту подачі різного типу контенту. У процесі дослідження проаналізовано основні сфери використання таймлайнів: у медіа, у галузі мистецтва та в освіті. Виявлено активні програмні засоби для створення стрічок часу, до яких входять: Timeline.JS, Timetoast, Preceden, TIKI-TOKI, Timeline Maker, BEEDOCSTimeline та, як додатковий інструмент, у складі хмарних сервісів їх використовують Canva і Prezi.

Відзначено, що Timeline.JS – це програмне забезпечення, готовий інформаційний продукт, завдяки якому відбувається представлення інтерактивного, мультимедійного контенту. Зроблено спробу дослідження таймлайну як «продукту» для використання у таких категоріях: «Історичні та соціальні науки», «Літературний аналіз», «Наука і техніка», «Біографії та персоналії», «Географія», «Природничі науки», «Культура», «Соціальні зміни і реформи».

Запропоновано правила розробки ефективного таймлайну, які можуть бути використані освітянами в межах роботи над динамічною візуалізацією навчального матеріалу.

Ключові слова: Timeline.JS, стрічка часу, візуалізація, таймлайн, освіта, мультимедіа, хронологія

Tetiana Bondarenko

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Ukraine

DYNAMIC VISUALIZATION OF EDUCATIONAL MATERIAL USING THE TIMELINE JS MULTIMEDIA TOOL

The article discusses the features of using the Timeline.JS multimedia tool for visualizing educational material. The influence of information and communication technologies on the education sector leads to the fact that the visual way of presenting information becomes more popular and in demand, as a result of which there is a need to look for interactive approaches to the effective transfer of knowledge, skills and experience to consumers of educational services.

Attention is focused on the possibilities of using the timeline as a new tool for presenting different types of content. In the course of the study, the main areas of use of timelines were analyzed: in the media, in the field of art, and in education. Active software tools for creating timelines were identified, which include: Timeline.JS, Timetoast, Preceden, TIKI-TOKI, Timeline Maker, BEEDOCSTimeline, and as an additional tool, they are used by Canva and Prezi as part of cloud services.

It is noted that Timeline.JS is software, a ready-made information product, thanks to which interactive, multimedia content is presented. An attempt was made to research the timeline as a "product" for use in the following categories: "Historical and Social Sciences", "Literary Analysis", "Science and Technology", "Biographies and Personalities", "Geography", "Natural Sciences", "Culture", "Social changes and reforms".

The rules for developing an effective timeline that can be used by educators as part of work on dynamic visualization of educational material are proposed.

Keywords: Timeline.JS, timeline, visualization, timeline, education, multimedia, timeline

Малицька І.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київ, Україна

**ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОГО
СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ: ДОСВІД ВЕЛИКОЇ
БРИТАНІЇ**

Стаття присвячена системі оцінювання інформаційно-цифрового середовища (ІЦС) школи на прикладі досвіду Великої Британії. Для підтримки і розвитку сучасного ІЦС є необхідним оцінювання його стану, що допоможе визначити: ефективність використання технологій; сильні та слабкі сторони політики цифровізації навчального закладу; подальші шляхи його ефективної цифровізації. Представлено інструмент самооцінювання Naace SRF (Self Review Framework), який створений та використовується освітянами Великої Британії вже понад 20 років, а також його структурні елементи, до розробки яких були залучені різні освітні організації (Управління стандартів у галузі освіти, дитячих послуг та навичок; освітні агентства; навчальні заклади; трастовий фонд тощо). Під час розробки враховувались Національні цифрові стратегії та думки освітньої спільноти. Представлено контрольні запитання, завдяки яким школа має можливість завчасно підготуватися перед проходженням процесу самооцінювання в Системі SRF. Зроблено опис процесу оцінювання, який проводиться на онлайн-платформі Naace, що складається з чотирьох рівнів. Представлено загальні питання, які ставлять представникам шкіл, охоплюючи такі напрями: лідерство та управління; викладання та навчання за допомогою технологій; оцінка цифрового потенціалу; захист цифрових даних; професійний розвиток; ресурси та технології. Зазначено про зручність використання інструменту, зважаючи на те, що дані процесу оцінювання зберігаються у системі, тому школи мають можливість самостійно проводити моніторинг розвитку цифровізації свого навчального закладу, формуючи подальші цифрові плани. Крім цього, у Системі розроблений знак якості NaaceMark, отримання якого мотивує школи підвищувати рівень технологізації. Аналіз наявних систем оцінювання ефективності інформаційно-цифрового середовища школи сприятиме створенню власного інструменту, який буде відповідати вимогам і потребам освітян України.

Ключові слова: цифровізація, інформаційно-цифрове середовище школи, оцінювання, Self Review Framework, Велика Британія

Iryna Malyska

Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE INFORMATION AND
DIGITAL ENVIRONMENT OF GENERAL SECONDARY EDUCATION
INSTITUTIONS: THE GREAT BRITAIN EXPERIENCE**

The article is devoted to the system of assessment of the school's information and digital environment (IDE) on the example of the Great Britain experience. In order to maintain and develop a modern IDE, it is necessary to assess its state, which will help determine: the effectiveness of technology use; strengths and weaknesses of the school's digitalisation policy; further ways of its effective digitalisation. The article presents the Naace SRF (Self Review Framework) self-assessment tool, which has been created and used by Great Britain educators for over 20 years, as well as its structural elements, which were developed by various educational organisations (the Office for Standards in Education, Children's Services and Skills; education agencies; educational institutions; the Trust, etc.) The National Digital Strategies and the views of

the education community were taken into account during development. Control questions are provided to help schools prepare in advance for the SRF self-assessment process. The author describes the assessment process carried out on the Naace online platform, which consists of four levels, presents general questions asked to school representatives covering the following areas: leadership and management; teaching and learning with technology; assessment of digital potential; protection of digital data; professional development; resources and technologies. The ease of use of the tool has been determined, given that the assessment data is stored in the system, so schools can independently monitor the development of digitalisation of their educational institution and formulate further digital plans. In addition, the System has developed the NaaceMark quality mark, which motivates schools to increase their level of technological development. An analysis of existing systems for assessing the effectiveness of the school's information and digital environment will help to create the own tool that will meet the requirements and needs of Ukrainian educators.

Keywords: digitalisation, school information and digital environment, assessment, Self Review Framework, Great Britain

Тарас І., Витвицький В.

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, Україна**

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ В ІННОВАЦІЙНІЙ МЕТОДИЦІ НАВЧАННЯ ГРАФІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Розглянуто досвід навчання в он-лайн режимі з інженерної та комп'ютерної графіки в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу для інженерних спеціальностей. Проаналізовано проблеми досягнення компетентностей проєктно-орієнтованого навчання в он-лайн режимі. Розглянуто використання систем автоматизованого проєктування для забезпечення передбачених програмою курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка» графічних компетентностей в он-лайн умовах організації навчального процесу. Як приклад розглянуто тему курсу ІКГ «Ескізування», яка належить до найбільш вразливих для досягнення графічних компетентностей в он-лайн навчанні, оскільки результатом цієї теми повинно бути одержання навичок створення ескізу з реальної деталі, набуття досвіду проведення її обмірів та визначення шорсткості поверхонь. До цієї теми входять графічні роботи зі створення ескізів кількох типів деталей (накривка, гайка накидна, штуцер тощо). Під час оф-лайн навчання в аудиторії кожному студенту видається реальна деталь, з якої методами обмірювання та візуального огляду він визначає всі параметри та атрибути, необхідні для створення ескізу. Проблеми, що виникають в он-лайн навчанні, стосуються не самого створення технічних креслеників, а вміння одержувати для них інформацію з реальної деталі. Розглянутий матеріал дозволяє стверджувати, що розвиток систем автоматизованого проєктування потребує вдосконалення методичного матеріалу для забезпечення набуття студентами компетентностей, пов'язаних з їх використанням. Також розвиток цих систем дає можливість використання їх не тільки як предмету освоєння студентами, але і для створення методичного забезпечення інженерної графіки, яке водночас розширює навички їх використання студентами.

Ключові слова: компетентність, інженерна графіка, комп'ютерна графіка, САПР, навчальний процес, он-лайн навчання

Iryna Taras, Vasyl Vytvytskyi

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

THE USE OF CAD SYSTEM IN THE INNOVATIVE METHOD OF TEACHING GRAPHIC DISCIPLINES

The experience of online engineering and computer graphics education at the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas for engineering majors is considered. The problems of achieving project-oriented learning competencies in online mode are analyzed. The use of CAD systems is considered to ensure the graphic competencies provided by the “Engineering and Computer Graphics” course program in the online conditions of the organization of the educational process. As an example, “Sketching” (the IKG course topic) is considered, which is one of the most vulnerable to the achievement of graphic competencies in online learning. The result of this topic should be acquiring skills for creating a sketch from a part made of metal, gaining experience in measuring it, and determining the roughness of surfaces. This topic includes graphic works for sketching several details (cover, union nut, fitting, etc.). During off-line training in the classroom, each student is given a part made of metal, from which he determines all the parameters and attributes necessary for creating a sketch using the methods of measurement and visual inspection. The problems that arise during online training are not related to the creation of technical drawings but to the ability to obtain information from parts made of metal. The considered material gives reasons to assert that the development of CAD systems requires methodical material improvement to ensure students' acquisition of competencies related to their use. Also, the development of these systems makes it possible to use them not only as a subject of study by students but also to create methodological support for engineering graphics, which in turn expands the skills of their use by students.

Keywords: competence, engineering graphics, computer graphics, CAD system, learning process, online learning

Oleksandr Letychevskyi¹, Volodymyr Peschanenko², Maksym Poltoratskyi³, Olga Konnova⁴

¹**Glushkov Institute of Cybernetics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine**

^{2, 3, 4}**Kherson State University, Kherson, Ukraine**

AN ALGEBRAIC APPROACH TO THE VERIFICATION OF SMART CONTRACTS IN TEAL

Blockchain and smart contracts have transformed the modern world. They help ensure security and trust in transactions, revolutionize finance, logistics, healthcare, and many other industries. Smart contracts are based on software code, so they can contain errors that lead to incorrect execution of the contract. Since the area of use of smart contracts is often related to finance, the cost of such errors can be quite high. Also, errors in smart contracts that have already been sent to the network cannot be corrected due to the immutable nature of the blockchain. This problem can be solved through smart contract code analysis, which allows developers to check the correctness of their code and protect it from possible errors and vulnerabilities.

This article proposes the use of insertional modeling to analyze smart contract code for the Algorand blockchain. This blockchain is one of the fastest, low-cost, carbon-negative blockchains that has advanced smart contract capabilities with low transaction fees. The language used to create smart contracts in Algorand is called Transaction Execution Approval Language (TEAL).

In this work, we review existing tools for TEAL code verification and describe the capabilities that each of them provides. Among these tools are Graviton, Tealer, Algo

Builder/runtime. In this paper we describe the features of the TEAL language, as well as give examples of writing a smart contract using it.

We offer our method for verification created smart contract. It consists in using the algebraic approach, which is implemented in the scope of the insertion modeling system to verify the smart contract code. This approach will allow us to check the smart contract code for some state reachability and deadlocks.

Keywords: Blockchain, Smart Contracts, TEAL, Insertion Modeling, Algebraic programming, verification

Летичевський О.¹, Песчаненко В.², Полторацький М.³, Коннова О.⁴

¹ Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

^{2,3,4} Херсонський державний університет, Херсон, Україна

АЛГЕБРАЇЧНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СМАРТ-КОНТРАКТІВ НА TEAL

Блокчейн та смарт-контракти змінили сучасний світ. Вони допомагають забезпечити безпеку та довіру до транзакцій, революціонізують фінанси, логістику, охорону здоров'я та багато інших галузей. Смарт-контракти засновані на програмному коді, тому можуть містити помилки, які призводять до некоректного виконання контракту. Оскільки сфера використання смарт-контрактів часто пов'язана з фінансами, ціна таких помилок може бути досить високою. Крім того, помилки в смарт-контрактах, які вже були надіслані в мережу, неможливо виправити через незмінну природу блокчейна. Цю проблему можна вирішити за допомогою верифікації коду смарт-контракту, який дозволяє розробникам перевірити правильність свого коду та захистити його від можливих помилок і вразливостей.

У цій статті пропонується використання інсерційного моделювання для верифікації коду смарт-контракту для блокчейну Algorand. Цей блокчейн є одним із найшвидших та недорогих блокчейнів, який має розширені можливості смарт-контрактів із низькою комісією за транзакції. Мова, яка використовується для створення смарт-контрактів в Algorand, називається Transaction Execution Approval Language (TEAL).

У цій роботі ми розглядаємо наявні інструменти для перевірки коду TEAL і описуємо можливості, які надає кожен з них. Серед цих інструментів – Graviton, Tealer, Algo Builder/runtime. У цій статті ми описуємо особливості мови TEAL, а також наводимо приклади написання смарт-контракту з її використанням.

Ми пропонуємо власну методику верифікації створеного смарт-контракту. Він полягає у використанні алгебраїчного підходу, який реалізовано в рамках системи інсерційного моделювання для перевірки коду смарт-контракту. Такий підхід дозволить нам перевірити код смарт-контракту на досяжність і наявність взаємоблокувань та недетермінізмів.

Ключові слова: блокчейн, смарт-контракти, TEAL, інсерційне моделювання, алгебраїчне програмування, верифікація

Oksana Polinkevych, Olena Kuzmak

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

THE QUALITY OF DISTANCE EDUCATION WITH ICT: SIMULATION OF THE UKRAINIAN SCENARIO

The article scientifically researches the theoretical, methodological, and analytical aspects of the quality of education in distance learning using ICT. Attention was drawn to such aspects as the low level of awareness of ICT, the transition to mixed learning, the availability of distance courses on distance learning platforms in Ukraine, the unsatisfactory quality of distance courses. The essence of distance learning is summarized, and the features of distance learning of students in the field of knowledge "Information Technologies" are given. The problems arising during distance learning in the knowledge "Information technologies" field have been identified. The

quality of distance education and the role of ICT in providing it are described. A descriptive model of the quality of distance education using ICT in the field of knowledge "Information Technologies" is proposed. An expert study was conducted on the quality of education at the university on the example of the Lutsk National Technical University, the use of learning platforms, and types of ICT, a comparison was made with all-Ukrainian trends. The results of the survey and their analysis are presented. It is proposed to use mixed and distance (synchronous) forms of education. It has been established that the key component of quality distance education is the constant monitoring of processes and the development of NPPs, which are ready to convey explicit and implicit knowledge to students. This will be facilitated by a descriptive model of the quality of distance learning using ICT, which has three stages: description and characterization of the external environment, implementation of the model itself, and constant monitoring of goal achievement.

Keywords: distance education, quality of education, ICT, modeling, digital skills, descriptive model

Полінкевич О., Кузьмак О.

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

ЯКІСТЬ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ З ІКТ: МОДЕЛЮВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО СЦЕНАРІЮ

У статті досліджено теоретико-методологічні та аналітичні аспекти якості освіти в умовах дистанційного навчання з використанням ІКТ. Звернено увагу на такі аспекти, як низький рівень обізнаності з ІКТ, перехід на змішане навчання, кількість дистанційних курсів на платформах дистанційного навчання в Україні, незадовільна якість наповнення дистанційних курсів. Узагальнено сутність дистанційного навчання та наведено особливості дистанційного навчання студентів галузі знань «Інформаційні технології». Визначено проблеми, що виникають під час дистанційного навчання в галузі знань «Інформаційні технології». Описано якість дистанційної освіти та роль ІКТ у її забезпеченні. Запропоновано описову модель якості дистанційної освіти з використанням ІКТ у галузі знань «Інформаційні технології». Проведено експертне дослідження якості освіти в університеті на прикладі Луцького національного технічного університету, використання навчальних платформ, видів ІКТ, здійснено порівняння із загальноукраїнськими трендами. Наведено результати проведеного опитування та їх аналіз. Запропоновано використовувати змішану та дистанційну (синхронну) форми навчання. Встановлено, що ключовим компонентом якісної дистанційної освіти є постійний моніторинг процесів і розвиток НПП, які готові донести явні та неявні знання до студентів. Цьому сприятиме описова модель якості дистанційного навчання з використанням ІКТ, яка має три етапи: опис і характеристика зовнішнього середовища, впровадження самої моделі та постійний моніторинг досягнення мети.

Ключові слова: дистанційна освіта, якість освіти, ІКТ, моделювання, цифрові навички, описова модель

ISSN 1998-6939

Наукове видання

Збірник наукових праць

Information Technologies in Education

Випуск 2 (54)

Коректор – Вінник М.О., Тарасіч Ю.Г., Гнєдкова О.О.
Комп'ютерне макетування – Мандич Т. М.

Фінансування видання
збірника наукових праць «Information Technologies in Education» 2 (54)
здійснюється коштом головного редактора, професора О.В. Співаковського

Видавець і виготовлювач
Херсонський державний університет.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ХС № 69 від 10 грудня 2010 р.
73000, Україна, м. Херсон, вул. Університетська, 27. Тел. (0552) 32-67-95.