

УДК 378.147:004.8

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-1-16>

Роман ЛУЦИШИН

аспірант кафедри машинознавства і транспорту, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, Україна, 46027

ORCID: 0000-0002-3390-874X

Бібліографічний опис статті: Луцишин, Р. (2025). Моделювання підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій у закладах вищої освіти до застосування адаптивних систем. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 115–120, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-1-16>

МОДЕЛЮВАННЯ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ

Мета роботи. Дослідження методологічних та організаційних аспектів підготовки фахівців у галузі цифрових технологій актуалізується на тлі загальної трансформації середовища вищої освіти. Метою статті є розробка моделі підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій у закладах вищої освіти до застосування адаптивних систем. Моделювання дозволяє розробити унаочнену схему практичного забезпечення ефективності освітньої діяльності у встановленому напрямку.

Методологія. У процесі дослідження використано методи: теоретичний – для вивчення науково-методичних матеріалів, узагальнення інформації; метод педагогічного моделювання – з метою дослідження педагогічних об'єктів за допомогою моделювання структурно-змістовних, процесуальних та концептуальних характеристик освітнього процесу.

Наукова новизна. Проаналізовано основні напрями вдосконалення системи підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій, у тому числі – використання інтерактивних та імерсивних методів навчання. Виокремлено основні компетентності фахівців у галузі інформаційних технологій, що повинні бути сформовані в процесі вищої освіти. Закцентовано на концепції формування міжпредметних зв'язків у межах запропонованої моделі. У межах запропонованої моделі виокремлено цільовий, змістовний, процесуальний, навчально-технологічний та результативно-діагностичний компоненти.

Висновки. Встановлено взаємодоповнюваність та взаємозалежність окремих компонентів запропонованої моделі. Доведено, що моделювання є ефективним методом організаційного забезпечення процесу підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій у закладах вищої освіти до застосування адаптивних систем.

Ключові слова: професійна компетентність, фахівці цифрових технологій, адаптивна система, моделювання, модель, інноваційні методи, вища освіта, професійна компетентність.

Roman LUTSYSHYN

Postgraduate Student at the Department of Mechanical Engineering and Transport, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, 2 M. Kryvonosa str., Ternopil, Ukraine, 46027

ORCID: 0000-0002-3390-874X

To cite this article: Lutsyshyn, R. (2025). Modeliuvannia pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv tsyfrovyykh tekhnolohii u zakladakh vyshchoi osvity do zastosuvannia adaptivnykh system [Modeling the training of future digital specialists in higher education institutions for the use of adaptive systems]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 115–120, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-1-16>

MODELING THE TRAINING OF FUTURE DIGITAL TECHNOLOGY SPECIALISTS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS FOR THE USE OF ADAPTIVE SYSTEMS

Purpose of the work. The study of methodological and organizational aspects of training specialists in the field of digital technologies is being updated against the background of the general transformation of the higher education environment. The purpose of the article is to develop a model for training future specialists in the field of information

technologies in higher education institutions to use adaptive systems. Modeling allows you to develop a visual scheme for practical support of the effectiveness of educational activities in the established direction.

Methodology. The following methods were used in the research process: theoretical – for studying scientific and methodological materials, generalizing information; pedagogical modeling method – for the purpose of studying pedagogical objects by modeling the structural-content, procedural and conceptual characteristics of the educational process.

Scientific novelty. The main directions of improving the system of training future specialists in digital technologies are analyzed, including the use of interactive and immersive teaching methods. The main competencies of specialists in the field of information technologies that should be formed in the process of higher education are highlighted. The emphasis is on the concept of forming interdisciplinary connections within the proposed model. Within the proposed model, target, content, procedural, educational-technological and result-diagnostic components are distinguished.

Conclusions. The complementarity and interdependence of individual components of the proposed model are established. It is proven that modeling is an effective method of organizational support for the process of training future digital technology specialists in higher education institutions for the use of adaptive systems.

Key words: professional competence, digital technology specialists, adaptive system, modeling, model, innovative methods, higher education, professional competence.

Актуальність проблеми. Система підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій у закладах вищої освіти передбачає очікувані результати у вигляді розвитку у випускника закладу високого рівня професійної компетентності. Дійсно, дефініція професійної підготовки є комплексним інтегративним поняттям, яке охоплює систему знань, умінь, навичок, а також здібностей, цінностей і особистісних якостей майбутнього фахівця, на основі яких формується його здатність ефективно здійснювати свою професійну діяльність.

Останнім часом значну увагу приділено питанню моделювання процесу підготовки фахівців концепції в контексті компетентнісного підходу до розвитку вищої освіти. У зв'язку з цим, очевидно вбачається необхідність формування універсальної моделі підготовки фахівців у сфері інформаційних технологій, що гарантує опанування студентами необхідних навичок та умінь, відповідно до динаміки сучасного ринку праці. При цьому, формування ключових компетентностей здобувачів вищої освіти має відбуватися в умовах, наближених до реалій професійної діяльності.

Коректне моделювання дозволяє розробити дієву схему практичного забезпечення ефективності певного фрагменту освітнього процесу. Результатом моделювання очікується розроблення структурно-функціональної моделі підготовки майбутніх фахівців у сфері цифрових технологій в контексті застосування адаптивних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Деякі сучасні публікації аналізують складові системи професійної підготовки та цифровізацію освіти (Di Vaio, 2021; Моеїні, 2020), досліджують різні види професійної компетентності

(Caro та ін., 2015), розглядають процес в аспекті адаптованості до динаміки соціальних процесів (Casey & Bjørke, 2024), а також досліджують комунікаційну компетентність студентів вищої освіти (Tangirov, 2022; Ментинська, 2023). Концептуальні засади формування критичних компетентностей студентів в умовах, наближених до реалій професійної діяльності, потребують подальшого поглибленого дослідження завдяки сучасним технологіям цифровізації.

Деякі дослідники розглядають питання в аспекті особистісної зрілості випускника закладу вищої освіти та ролі міждисциплінарної інтеграції, яка відіграє значну роль в оптимізації системи професійної підготовки (Castro & Tumibay, 2021). Подальший розвиток ця тема отримала в роботах вчених Haleem та ін. (2022), Reis та ін. (2021), які приділяють значну увагу персоналізації педагогічного процесу, інтеграції принципів міжкультурної та комунікаційної компетентностей, а також використанню сучасних можливостей цифровізації.

Детальну аналітику досліджуваного феномену проводять вчені Sinambela та ін. (2020), Dzwigol та ін. (2020), які оцінюють компетентність студентів вищої освіти у розвитку Індустрії 4.0. До значних розробок належать роботи вчених Mitschek та ін. (2024), які виступають за трансформаційний підхід до парадигми вищої освіти, що базується на досягненні компетентності через впровадження в освітній процес імерсивних технологій віртуальної реальності.

Деякі автори (Gorski та ін., 2023) оцінюють пріоритетом освітньої підготовки концепцію особистісної зрілості студентів та залучення міждисциплінарного інтеграційного функціоналу, для створення умов навчання, наближених до реалій майбутньої професійної діяльності. Тематика

досліджуваної проблематики розширена в працях вчених Baird та ін. (2019) та Hernandez-de-Menendez & Morales-Menendez (2020), які займаються розробкою реалістичної педагогічної моделі розвитку професійної компетентності на основі інтеграції різноманітних форм взаємодії.

Не зважаючи на суттєві напрацювання учених, проблематика практичного моделювання процесу підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій залишається маловивченою.

Мета дослідження. Метою статті є розробка моделі підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій у закладах вищої освіти до застосування адаптивних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасні підходи до формування системи освіти передбачають активну взаємодію з інформаційним середовищем, яке позиціонується як місце накопичення актуальних знань. Професійну компетентність фахівців цифрових технологій в контексті адаптивних систем слід розглядати як цілісну, системну якість особистості.

Одним із провідних підходів до розуміння професійної компетентності є визначення її як системного явища, що об'єднує в собі знання, уміння та навички, а також професійно значущі якості особистості фахівця, що забезпечує виконання ним професійних обов'язків. Специфічними показниками професійної компетентності є ціннісні орієнтації, мотиви діяльності, інтегральні культурні маркери.

Із метою вдосконалення системи підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій у межах даного дослідження було розроблено **модель підготовки**, що сформована із наступних компонентів:

- цільовий;
- змістовний;
- навчально-технологічний;
- процесуальний,
- результативно-діагностичний.

Цільовий компонент повинен бути комплексним пріоритетним потребам і завданням закладів вищої освіти щодо підготовки фахівців цифрових технологій та вимогам ринку праці. Цільовий компонент детермінує, першочергово, мету моделі – ефективну підготовку фахівців у визначеній галузі.

Змістовний компонент сформований зі змістовного підґрунтя системи підготовки фахівців, що детермінується стандартами вищої освіти,

освітньо-професійними програмами, Національною рамкою кваліфікацій, навчальними планами тощо. Необхідно зауважити, що система професійної підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій містить в основі принципи системності, науковості, інноваційності, технологічності та практичної орієнтованості.

Навчально-технологічний компонент асимілює концепти програмно-технологічного та матеріально-технічного забезпечення процесу підготовки фахівців визначеної галузі. При цьому, сучасне програмно-технологічне забезпечення синергізує середовища моделювання, програмування та моніторингу, системи управління базами, автоматизовані інформаційно-пошукові системи та аналітичне програмне забезпечення. Водночас, матеріально-технічне забезпечення наразі активно залучає потенціал хмарної інфраструктури, у тому числі – бази даних, сервери з технологіями віртуалізації та кластеризації, навчально-тренінгові хаби.

Процесуальний компонент об'єднує різноманітні форми, методи та технології організації навчального процесу. Метою викладання основних навчальних дисциплін в галузі цифрових технологій вбачається опанування студентами теоретичних основ інформаційно-аналітичного забезпечення майбутньої професійної діяльності. Основними формами навчального процесу позиціонуються лекції, самостійна та індивідуальна робота, семінарські і практичні заняття, практика.

Компонентом даного аспекту моделі професійної підготовки є методи навчання: організація та реалізація навчально-пізнавальної діяльності; контроль, аналіз і оцінювання результатів навчання; стимулювання мотивації навчальної діяльності. Також, до інноваційних методів відносять практико-орієнтоване та проблемне навчання, інтерактивні ігри та лекції, презентації та тренінги, проєктний метод та технологія кейс-стаді.

Результативно-діагностичний компонент детермінує загальну програму оцінювання та визначення результатів системи підготовки фахівців цифрових технологій. Програма оцінювання, при цьому, повинна передбачати вимірювання рівнів сформованості компетентностей – загальних та спеціальних.

Очікуваним результатом запропонованої моделі визначено практичну готовність

майбутнього фахівця до фахової реалізації у сфері цифрових технологій. При цьому, всі компоненти моделі можуть бути вповні реалізованими лише за умови виконання низки педагогічних умов, до яких належать формування ціннісно-мотиваційної сфери, належна організація навчального процесу та адаптивний підхід до формування наповнення основних дисциплін навчальних планів.

На сьогодні активізується стратегія реформування національного освітнього середовища шляхом впровадження інформаційно-комп'ютерних технологій в освітні програми та використання сучасних мультимедійних технологій. Щодо систем вищої освіти, то глобальна концепція характеризується інтенсивним впровадженням нових технологій, які сприяють формуванню необмежених можливостей для створення інноваційних методів навчання. Ці методи поєднують елементи традиційної та дистанційної освіти та включають алгоритми технології віртуальної реальності.

Перспективними є спеціальні портали та хмарні технології, які забезпечують диференційовану аналітику та інформативні дані та пропонують віддалений доступ до масивів освітньої інформації та цільових програм. При цьому, навчальні заклади мають на вибір різноманітні типи платформ. Технології віртуальної та змішаної реальності допомагають імплементувати інтерактивний контент у навчальному середовищі. Діапазон технологій занурення включає різноманітні програми та інструменти, які дозволяють інтеграцію, занурення або взаємодію з симульованим середовищем та об'єктами.

Оскільки студенти та викладачі в інтегрованих освітній системі мають розширений доступ до різноманітних цифрових ресурсів та інструментів, традиційні практики навчання мають адаптивну динаміку. Завдяки активній взаємодії з цифровим контентом студенти створюють нові ресурси, спілкуються та розміщують результати своєї навчальної діяльності в особистому цифровому середовищі. У результаті цього процесу педагог може організувати навчальний процес на основі змішаної технології, поєднуючи онлайн-навчання та роботу студента, успішно підібрати ресурси для персоналізованого навчання та організувати практичні проекти взаємодії.

Інтеграція цифрових можливостей дозволяє переформатувати вимоги до майбутніх спеціалістів та трансформує зміст професійних обов'язків, що впливає на процес формування професійної компетентності. Важливо зазначити, що недостатній рівень відповідності вимогам ринку праці відображається у розвитку застарілих професійних орієнтацій і компетенцій, що призводить до кластеру звільнених працівників.

Розв'язання проблеми впровадження інформаційних систем для оптимізації навчального середовища базується на використанні концентричних інформаційних технологій, які об'єднують набір відповідних інформаційних баз даних, засобів і методів їх синтезу в єдиний цифровий інтегрований простір для задоволення інформаційних потреб закладів освіти максимально. Ця стратегія базується на інтеграції інструментів управління в інформаційній сфері для формування єдиної цифрової платформи навчального закладу, створенні універсальних засобів інформатизації та методів інформаційної взаємодії для відображення динаміки інформаційного середовища.

Незважаючи на численні позитивні аспекти застосування інноваційних технологій для формування професійного середовища, що характеризується певними викликами, недоліками та ризиками: висока вартісність та ускладнена доступність, необхідність сучасного технологічного та комунікативного забезпечення, потреба у перекваліфікації педагогічного складу.

Оскільки головним завданням в умовах глобальних інтегрованих освітніх процесів залишається збереження та підвищення якості освіти, необхідним є адекватне технічне забезпечення інтегрованого освітнього процесу, вибір оптимального програмного забезпечення інформаційних систем та порталних платформ, організація ефективного моніторингу та контролю. Дискурс про методологію вищої освіти в епоху цифровізації ринку праці в працях сучасних науковців представлений різними інтерпретаціями цієї дефініції, що свідчить про необхідність вироблення єдиного концептуального підходу. Запропонована у даному дослідженні модель поєднує найбільш важливі концепти практико-орієнтованої освіти за умов інтеграції адаптивних систем.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Структура запропонованої моделі підготовки майбутніх фахівців цифрових технологій у закладах вищої освіти до застосування адаптивних систем включає цільовий, змістовний, процесуальний, навчально-технологічний та результативно-діагностичний компоненти, які є взаємозалежними та взаємодоповнюючими. Специфікою запропонованої структурно-функціональної моделі є інтеграція практико-орієнтованої концепції професійної освіти в контексті адаптивних систем, залучення потенціалу інноваційного педагогічного та цифрового інструментарію, спрямованість на консолідацію різних форм навчально-методичного супроводу системи цільової підготовки фахівців цифрових технологій.

У дослідженні проаналізовано інноваційні методи навчання для розвитку фундаментальних навичок у студентів університету через

реальні професійні контексти. У сучасних інформаційних системах виділено засоби та сервіси, які урізноманітнюють процес навчання та підвищують ефективність навчального процесу. Наші результати переконливо свідчать про те, що запропонована модель навчання пов'язана не зі збільшенням кількості впроваджуваних педагогічних технологій, а зі зміною підходу до навчального процесу.

Це дослідження виявило прогалини в існуючих інноваційних методах планування розвитку основних навичок у студентів вищої освіти через реальні професійні контексти. Висвітлено новий напрямок досліджень у галузі освітніх технологій. Однак для практичного розуміння предмета необхідно подальше всебічне дослідження. Подальші перспективи досліджень вбачаються у розширеній аналітиці педагогічних умов формування професійної компетентності майбутніх фахівців цифрових технологій в умовах адаптивного навчання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Di Vaio A. The role of digital innovation in knowledge management systems: A systematic literature review. *Journal of business research*. 2021. № 123. P. 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.042>
2. Moeini M. Theory borrowing in IT-rich contexts: Lessons from IS strategy research. *Journal of Information Technology*. 2020. № 35(3). P. 270–282. <https://doi.org/10.1177/0268396220912745>
3. Caro M.F., Josyula D.P., Jiménez J.A. Multi-level pedagogical model for the personalization of pedagogical strategies in intelligent tutoring systems. *Dyna*. 2015. № 82(194). Pp. 185–193.
4. Casey A., Bjørke L. Teachers' experiences of enacting pedagogical models and models-based practice: a systematic mixed study review. *Physical Education and Sport Pedagogy*. 2024. Pp. 1–17.
5. Tangirov E.S. Mechanisms of educational study of students on the basis of modern pedagogical technologies. *Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development*. 2022. № 4. Pp. 247–250. URL: <https://sjird.journalspark.org/index.php/sjird/article/view/108>
6. Ментинська І. Етапи становлення комп'ютерної термінології на тлі розвитку інформаційних технологій в Україні. *Теорія і практика викладання української мови як іноземної*. 2023. № 17. С. 181–190. URL: <https://openarchive.nure.ua/handle/document/25274>
7. Castro M., Tumibay G. A literature review: efficacy of online learning courses for higher education institution using meta-analysis. *Education and Information Technologies*. 2021. № 26(2). Pp. 1367–1385. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10027-z>
8. Haleem A., Javaid M., Qadri M., Suman R. Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*. 2022. № 3. Pp. 275–285. doi: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
9. Reis D., Fleury A., Carvalho M. Consolidating core entrepreneurial competencies: Toward a meta-competence framework. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*. 2021. № 27(1). doi: <https://doi.org/10.1108/IJEER-02-2020-0079>
10. Sinambela E., Mardikaningsih R., Arifin S., Ayu H. Development of self-competence and supervision to achieve professionalism. *Journal of Islamic Economics Perspectives*. 2020. № 1(2). doi: <https://doi.org/10.35719/jiep.v1i2.13>
11. Dzwigol H., Dzwigol-Barosz M., Miśkiewicz R., Kwilinski A. Manager competency assessment model in the conditions of industry 4.0. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. 2020. № 7(4). doi: [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(5\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(5))
12. Mitschek M., Sanares R., del Rosario M., Doctor Jr. Effectiveness and stakeholders of the student information system integration in higher education institutions. *Journal of Innovations in Business and Industry*. 2024. № 2(4). Pp. 199–206. doi: <https://doi.org/10.61552/JIBI.2024.04.002>

13. Gorski A., Ranf E., Badea D., Halmaghi E., Gorski H. Education for Sustainability – Some Bibliometric Insights. *Sustainability*. 2023. № 15(20). doi: 10.3390/su152014916
14. Baird A., Parayitam S. Employers' ratings of the importance of skills and competencies college graduates need to get hired: Evidence from the New England region of USA. *Education + Training*. 2019. № 61(5). Pp. 622–634. doi: <https://doi.org/10.1108/ET-12-2018-0250>
15. Hernandez-de-Menendez M., Morales-Menendez R. Escobar Competencies for Industry 4.0. *Int J Interact Des Manuf*. 2020. № 14. Pp. 1511–1524. doi: <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00716-2>

REFERENCES:

1. Di Vaio, A. (2021). The role of digital innovation in knowledge management systems: A systematic literature review. *Journal of business research*, 123, 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.042>
2. Moeini, M. (2020). Theory borrowing in IT-rich contexts: Lessons from IS strategy research. *Journal of Information Technology*, 35(3), 270–282. <https://doi.org/10.1177/0268396220912745>
3. Caro, M.F., Josyula, D.P., & Jiménez, J.A. (2015). Multi-level pedagogical model for the personalization of pedagogical strategies in intelligent tutoring systems. *Dyna*, 82(194), 185–193.
4. Casey, A., & Bjørke, L. (2024). Teachers' experiences of enacting pedagogical models and models-based practice: a systematic mixed study review. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 1–17.
5. Tangirov, E.S. (2022). Mechanisms of educational study of students on the basis of modern pedagogical technologies. *Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development*, 4, 247–250. Retrieved from <https://sjird.journalspark.org/index.php/sjird/article/view/108>
6. Mentynska, I. (2023). Etapy stanovlennia kompiuternoi terminolohii na tli rozvytku informatsiinykh tekhnolohii v Ukraini [Stages of formation of computer terminology against the background of information technology development in Ukraine]. *Teoriia i praktyka vykladannia ukrainskoi movy yak inozemnoi*, 17, 181–190. Retrieved from <https://openarchive.nure.ua/handle/document/25274> [in Ukrainian]
7. Castro, M., & Tumibay, G. (2021). A literature review: efficacy of online learning courses for higher education institution using meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 26(2), 1367–1385. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10027-z>
8. Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275–285. doi: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
9. Reis, D., Fleury, A., & Carvalho, M. (2021). Consolidating core entrepreneurial competencies: Toward a meta-competence framework. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 27(1). doi: <https://doi.org/10.1108/IJEBR-02-2020-0079>
10. Sinambela, E., Mardikaningsih, R., Arifin, S., & Ayu, H. D. (2020). Development of self-competence and supervision to achieve professionalism. *Journal of Islamic Economics Perspectives*, 1(2). doi: <https://doi.org/10.35719/jiep.v1i2.13>
11. Dzwigol, H., Dzwigol-Barosz, M., Miśkiewicz, R., & Kwilinski, A. (2020). Manager competency assessment model in the conditions of industry 4.0. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(4). doi: [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(5\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(5))
12. Mitschek, M. R., Sanares, R. N., del Rosario, M. G., & Doctor, Jr. J. (2024). Effectiveness and stakeholders of the student information system integration in higher education institutions. *Journal of Innovations in Business and Industry*, 2(4), 199–206. doi: <https://doi.org/10.61552/JIBI.2024.04.002>
13. Gorski, A. T., Ranf, E. D., Badea, D., Halmaghi, E., & Gorski, H. (2023). Education for Sustainability – Some Bibliometric Insights. *Sustainability*, 15(20). doi: <https://doi.org/10.3390/su152014916>
14. Baird, A. M., & Parayitam, S. (2019). Employers' ratings of the importance of skills and competencies college graduates need to get hired: Evidence from the New England region of USA. *Education + Training*, 61(5), 622–634. doi: <https://doi.org/10.1108/ET-12-2018-0250>
15. Hernandez-de-Menendez, M., & Morales-Menendez, R. (2020). Escobar Competencies for Industry 4.0. *Int J. Interact Des Manuf*, 14, 1511–1524. doi: <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00716-2>