

УДК 616-073:004:53
<https://doi.org/10.31612/2616-4868.4.2026.16>

СИНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ ОСНОВ МЕДИЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ: ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Наталія В. Стучинська, Альбіна О. Криштопа, Марія Д. Андрійчук, Олександр В. Чалий

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

Резюме

Вступ. Методи медичної візуалізації відіграють важливу роль у діагностиці, плануванні лікування та моніторингу стану пацієнтів. У зв'язку з цим майбутні лікарі повинні не лише розуміти клінічне значення отриманих зображень, а й усвідомлювати фізичні принципи їх формування та особливості цифрового представлення та аналізу.

Мета. На основі синергетичної методології запропонувати методику проведення практичного заняття, що передбачає інтеграцію фізичних принципів формування медичних зображень із використанням сучасних інформаційних технологій та стандарту DICOM у процесі підготовки студентів медичних спеціальностей.

Матеріали та методи. У межах практичних занять реалізовано синергетичний підхід до викладання медичної візуалізації, на основі інтеграції фізичних принципів формування медичних зображень з практичним використанням інформаційних технологій. Навчальна методика включала професійно орієнтовані завдання, спрямовані на вибір методу медичної візуалізації та пояснення фізичних принципів отримання зображень. Ефективність методики оцінювали за результатами виконання практичних завдань і анкетування студентів щодо впливу синергетичного підходу на формування професійних компетентностей.

Результати. У статті представлено методику проведення практичного заняття з дисципліни «Медична інформатика», в межах якої відбувається синергетичне поєднання інформаційних технологій (ІТ) з сучасними досягненнями медичної фізики для вивчення фізичних основ отримання медичних зображень. Ефективність запропонованої методики оцінено за результатами апробаційних занять і анкетування студентів медичних спеціальностей ($n = 71$). Результати статистичної обробки засвідчили позитивне сприйняття студентами інтегрованого формату навчання та наявність статистично значущого позитивного зв'язку між оцінкою синергетичного підходу та рівнем сформованості професійних і цифрових компетентностей.

Висновки. Поєднання фізичних основ медичної візуалізації з інформаційними технологіями сприяє підвищенню професійної орієнтованості навчання, розвитку логічного мислення та підготовці майбутніх фахівців охорони здоров'я до роботи з сучасними цифровими діагностичними системами.

Ключові слова: медична візуалізація, медична фізика, синергетичний підхід, цифрові інструменти, цифрові компетентності, професійна орієнтованість навчання

ВСТУП

Методи медичної візуалізації відіграють ключову роль у діагностиці, моніторингу та лікуванні пацієнтів. У цьому контексті стандарт DICOM став універсальною основою для обміну медичними зображеннями та метаданими між діагностичною апаратурою, програмним забезпеченням і клінічними інформаційними системами.

У 1980-х роках Американський коледж радіології (ACR) спільно з Національною асоціацією виробників

електронного обладнання (NEMA) ініціювали розробку стандарту для кодування та обміну цифровими медичними зображеннями. У 1993 році було представлено стандарт DICOM, який значно розширив можливості попередніх версій ACR-NEMA [1].

Стандарт DICOM є міжнародним стандартом для збереження, передачі та обміну медичними зображеннями й пов'язаними з ними даними. Він забезпечує уніфікований формат файлів і протоколи

взаємодії між діагностичною апаратурою, програмними засобами візуалізації та медичними інформаційними системами незалежно від виробника.

DICOM поєднує в одному об'єкті власне зображення та метадані, що містять інформацію про пацієнта, параметри дослідження, тип модальності та умови отримання зображення. Стандарт широко використовується в системах збереження та передачі медичних зображень (PACS) і є базовою технологією сучасної цифрової медичної візуалізації.

DICOM – це стандарт, що постійно розвивається, і переглядається за участю численних робочих груп DICOM, розділених за сферами застосування та методами візуалізації [2].

Згідно зі статистичними даними, спостерігається чітка тенденція до збільшення кількості медичного обладнання та досліджень з використанням радіологічних методів, а також зростання ролі неінвазивних технологій: ультразвукового дослідження, КТ та МРТ, радіонуклідних методів – позитронно-емісійної томографії. Це ставить перед медичною освітою виклик, оскільки професійна компетентність лікарів повинна відповідати потребам сучасної медичної теорії та практики [6, 8, 9].

Ефективне використання сучасних методів медичної візуалізації вимагає від майбутніх лікарів не лише володіння певним програмним забезпеченням, але й розуміння фізичних принципів формування зображень. У зв'язку з цим актуальним є впровадження синергетичного підходу до навчання, який передбачає інтеграцію фундаментальних фізичних знань із практичним опануванням інформаційних технологій обробки та візуалізації медичних зображень. У наукових публікаціях останніх років підкреслюється ефективність інтеграції цифрових технологій у медичну освіту, зокрема в навчанні радіології та медичної візуалізації [3]. Водночас питання методичного обґрунтування синергетичного поєднання фізичних принципів формування зображень і цифрових інструментів їх обробки у підготовці студентів молодших курсів медичних спеціальностей потребує подальшого дослідження.

Доцільність використання синергетики в освіті зумовлена її природою і, як наголошує Василь Кремень, полягає в її міждисциплінарному характері. Засновником синергетики вважається Герман Хакен, який ввів це поняття в своїй книзі «Синергетика» [7]. В монографії [4] також було підкреслено значення синергетики для освіти. Значення синергетики для освіти пов'язане, перш за все, з можливістю інтегрування різних предметів, більш глибокого вивчення міждисциплінарних зв'язків, пояснення єдності законів розвитку природи і суспільства.

Рациональне поєднання новітніх технологій та класичних методів викладання природничих наук сприяє взаємному синергетичному посиленню ефектів від їх застосування та мінімізує когнітивний дисонанс і диспропорцію інформаційних потреб і пропозицій у вищій медичній освіті України [5].

МЕТА

Метою дослідження є наукове обґрунтування синергетичних підходів до розроблення та впровадження методики проведення практичного заняття з дисципліни «Медична інформатика», що передбачає інтеграцію інформаційних технологій із сучасними досягненнями медичної фізики під час вивчення фізичних принципів формування, оброблення та збереження медичних зображень у форматі DICOM. Окремим завданням дослідження є оцінювання впливу міждисциплінарного (синергетичного) підходу на підвищення навчальної мотивації та якості підготовки студентів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для реалізації поставленої мети нами проведено аналіз наукових літературних джерел і робочих програм навчальних дисциплін спеціальності «Медицина». У межах практичних занять реалізовано синергетичний підхід до викладання медичної візуалізації, що передбачав інтеграцію фізичних принципів формування медичних зображень із практичним використанням інформаційних технологій для їх візуалізації.

Для роботи з медичними зображеннями застосовували DICOM-переглядачі (зокрема RadiAnt DICOM Viewer), які забезпечують перегляд досліджень різних модальностей (комп'ютерної томографії (КТ), магнітно-резонансної томографії (МРТ), ультразвукової діагностики (УЗД), рентгенографії), навігацію між серіями зображень, виконання вимірювань і базовий аналіз зображень.

Навчальна методика включала виконання професійно орієнтованих ситуаційних завдань, спрямованих на обґрунтування вибору методів медичної візуалізації, пояснення фізичних принципів отримання зображень та аналіз можливостей їх використання у PACS-середовищі. Ефективність методики оцінювали за результатами виконання практичних завдань і анкетування студентів щодо впливу синергетичного підходу на формування професійних компетентностей.

РЕЗУЛЬТАТИ

Обґрунтовано доцільність синергетичного поєднання знань, набутих у процесі навчання, щодо фізичних принципів формування медичних зображень із використанням сучасних цифрових інструментів

їх обробки та аналізу. Основну увагу зосереджено на організації практичних занять із медичної візуалізації, які сприяють розвитку у студентів ключових професійних компетентностей, необхідних для ефективної професійної діяльності в умовах сучасної медичної практики.

Одним із найважливіших досягнень формату зображень DICOM є формування метаданих. Зображення рентгенівської комп'ютерної томографії міститиме інформацію про напругу та струм рентгенівської трубки, час експозиції, товщину зрізу тощо. Такі дані постійно включаються до метаданих кожного зображення DICOM [1]. Для повноцінного розуміння метаданих у DICOM майбутнім фахівцям охорони здоров'я необхідно усвідомлювати методику отримання медичних зображень. Знання фізичних принципів формування зображень і протоколів обстеження дозволяє коректно інтерпретувати метадані та забезпечує їх ефективне використання у клінічній практиці.

В робочій програмі з навчальної дисципліни «Медична інформатика» передбачена тема практичного заняття «Технології зберігання, передавання й оброблення зображень та біосигналів у медичних інформаційних системах. Застосування стандарту DICOM, системи збереження та передачі медичних зображень (PACS)». З огляду на викладене, тему заняття було розширено за рахунок включення розділу «Фізичні принципи та методи отримання медичних зображень», що дозволяє комплексно розглянути як процес створення, так і обробку та передачу медичних зображень.

«DICOM – цифрова візуалізація та комунікації в медицині – це міжнародний стандарт для медичних зображень та пов'язаної з ними інформації. Він визначає формати медичних зображень, якими можна обмінюватися, з даними та якістю, необхідними для клінічного використання. Завдяки впровадженню у сотнях тисяч діагностичних пристроїв у всьому світі DICOM став одним із найпоширеніших стандартів обміну медичною інформацією. На сьогодні в клінічній практиці використовуються мільярди медичних зображень, створених і збережених у форматі DICOM» [2].

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Медична інформатика» на вивчення теми *«Технології зберігання, передавання й оброблення зображень та біосигналів у медичних інформаційних системах. Застосування стандарту DICOM, системи збереження та передачі медичних зображень (PACS). Фізичні принципи та методи отримання медичних зображень»* передбачено 3 академічні години практичної підготовки.

У межах реалізації запропонованої методики було розроблено відповідне навчально-методичне

забезпечення, яке включає мультимедійну презентацію, а також навчальне відео з демонстрацією базових алгоритмів роботи з програмним забезпеченням для перегляду, оброблення та аналізу цифрових медичних зображень.

Студенти опановували фізичні основи функціонування діагностичної медичної апаратури, зокрема принципи формування зображень у рентгенографії, комп'ютерній томографії, магнітно-резонансній томографії, ультразвуковій діагностиці та радіонуклідних методах візуалізації. Особливу увагу було приділено поясненню механізмів взаємодії різних видів випромінювання та фізичних полів із біологічними тканинами, що забезпечують формування медичного зображення.

Практична частина заняття була спрямована на формування навичок роботи з цифровими медичними зображеннями у форматі DICOM. Студенти ознайомлювалися з принципами функціонування стандарту DICOM, структурою DICOM-файлів, а також роллю систем збереження та передачі медичних зображень (PACS) у сучасній клінічній практиці. З метою розвитку професійних компетентностей студентам було запропоновано професійно орієнтовані практичні завдання (клінічні кейси), спрямовані на застосування отриманих теоретичних знань у змодельованих професійних ситуаціях.

Структура заняття передбачає послідовний виклад теоретичних положень щодо фізичних принципів функціонування медичної діагностичної апаратури та методик формування медичних зображень. На цьому етапі студенти отримують систематизовані знання про радіологічні та нерадіологічні методи візуалізації. Зокрема, розглядаються механізми формування зображень у рентгенографії, комп'ютерній томографії, позитронно-емісійній томографії та сцинтиграфії. Окрему увагу приділено аналізу фізичних основ і технологічних особливостей нерадіологічних методів візуалізації, зокрема ультразвукової діагностики, магнітно-резонансної томографії, ендоскопічних досліджень тощо.

Наступним етапом заняття є аудиторна практична робота, що складається з двох взаємопов'язаних компонентів. Перший компонент передбачає опрацювання професійно орієнтованих практичних завдань (кейсів), спрямованих на застосування отриманих теоретичних знань у змодельованих клінічних ситуаціях. Для виконання завдань студенти об'єднуються у малі групи по 4-5 осіб, здійснюють колективний аналіз клінічного випадку, обговорюють можливі діагностичні підходи та формують обґрунтовані рішення. На цьому етапі викладач спрямовує дискусію, ставить уточнювальні та проблемні запитання, однак не пропонує готових відповідей. Прийняття рішення залишається за студентами, що

сприяє розвитку аналітичного мислення, уміння аргументувати власну позицію та працювати в команді.

Другий компонент практичного заняття передбачає роботу зі спеціалізованим програмним забезпеченням для перегляду та аналізу медичних зображень у форматі DICOM (DICOM Viewer). Студентам пропонується здійснити перегляд і базовий аналіз демонстраційних досліджень різних модальностей, зокрема МРТ, КТ, УЗД та цифрової рентгенографії.

Перед початком самостійної роботи викладач демонструє навчальні приклади з використанням інтерактивної дошки або інших технічних засобів візуалізації, пояснюючи інтерфейс програмного забезпечення, основні інструменти перегляду, принципи навігації між серіями зображень, а також виконання базових вимірювань і налаштування параметрів візуалізації. Додатково студенти мають доступ до навчальних відеоматеріалів із покроковими демонстраційними прикладами роботи в DICOM-середовищі, що забезпечує можливість повторного опрацювання матеріалу та сприяє кращому засвоєнню практичних навичок обробки медичних зображень.

Завершальним етапом практичного заняття є індивідуальний контроль знань у формі тестування за тематикою заняття. Тестові завдання розроблені відповідно до змісту навчального матеріалу та спрямовані на перевірку засвоєння теоретичних положень, розуміння фізичних принципів формування медичних зображень і навичок роботи з цифровими діагностичними даними. Оцінювання здійснюється з використанням офіційної платформи тестування Національного медичного університету імені О. О. Богомольця LIKAR_NMU, а також, за потреби, за допомогою сервісу Google Forms. Такий підхід забезпечує об'єктивність контролю знань,

автоматизовану обробку результатів та можливість подальшого аналізу навчальних досягнень студентів.

З метою перевірки ефективності запропонованої методики, заснованої на синергетичному підході, було проведено апробаційні практичні заняття зі студентами медичних спеціальностей. Апробація передбачала реалізацію повної структури заняття з інтеграцією теоретичного матеріалу, професійно орієнтованих кейсів та роботи з DICOM-переглядачами.

Для оцінювання результативності запропонованої методики та визначення її впливу на освітній процес було проведено анкетування студентів. Анкета структурована за п'ятьма змістовими блоками [10]:

- 1) сприйняття змісту навчального матеріалу та його новизни;
- 2) професійна орієнтованість і практична цінність заняття;
- 3) формування професійних і цифрових компетентностей;
- 4) мотивація до навчання та ставлення до запропонованої методики;
- 5) усвідомлення професійної перспективи та готовності до застосування отриманих знань у майбутній клінічній діяльності.

В опитуванні взяли участь студенти шести академічних груп ($n = 71$). Для забезпечення можливості кількісного аналізу відповіді були закодовані за чотирибальною шкалою, де 4 бали відповідали максимально позитивній оцінці, а 1 бал – негативній.

Було проведено статистичну обробку результатів анкетування. Виконано описову статистику. Для кожного з 15 питань було розраховано: середнє значення ($\bar{S}$), стандартне відхилення ($\bar{S}$), коефіцієнт варіації (CV).

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i x_i}{n}; \quad s = \sqrt{\frac{\sum f_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}; \quad CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100.$$

де: f_i – частота; x_i – бал категорії; $n=71$

За результатами обчислень середнє значення по анкеті становить: $\bar{X} = 3,65$, середнє стандартне відхилення: $\bar{S} \approx 3,65$. Середній коефіцієнт варіації: $CV=14,5\%$.

Отримані значення свідчать про високий рівень позитивного сприйняття запропонованої методики та низьку варіативність відповідей. Коефіцієнт варіації менше 20% інтерпретується як показник відносної однорідності вибірки.

Для перевірки невинуватості розподілу відповідей застосовано критерій χ^2 Пірсона:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i};$$

де: O_i – спостережувана частота;

$$E_i = \frac{n}{k} \text{ – очікувана частота;}$$

$$k=4 \text{ – кількість категорій;}$$

$$df = k - 1 = 3.$$

Розраховані значення χ^2 (49.23-143.56) значно перевищують критичне значення χ^2 для $df=3$, нульову гіпотезу про рівномірний розподіл відповідей було відхилено ($p < 0,001$). Отримані результати свідчать про невинуватий характер відповідей і статистично підтверджують домінування позитивних оцінок запропонованої методики.

Результати опрацювання анкети були візуалізовані у вигляді діаграм за кожним із п'яти змістових блоків, а також узагальнено по анкеті загалом, що дозволило продемонструвати структуру відповідей та тенденції оцінювання методики студентами.

Результати аналізу відповідей першого змістового блоку свідчать про те, що запропонований навчальний матеріал забезпечив високий рівень його сприйняття студентами та сприяв глибшому розумінню тематики заняття. Нижче наведена діаграма ілюструє результати відповідей на запитання першого блоку.

Сприйняття матеріалу

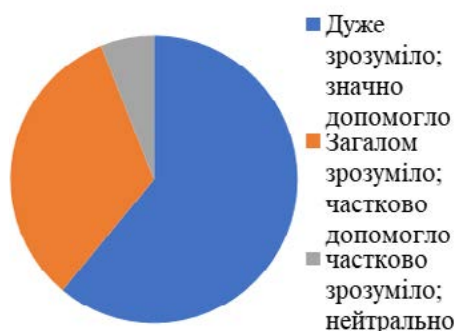


Рисунок 1. Сприйняття змісту та новизни матеріалу (блок 1).

У ході аудиторної практичної діяльності студенти виконували професійно спрямовані завдання (кейси), спрямовані на застосування теоретичних знань у клінічних контекстах. Під час анкетування питання другого блоку були направлені на виявлення думки учасників освітнього процесу, наскільки заняття мають практичну цінність і професійну орієнтованість. Більшість студентів (74%) зазначили, що матеріал має професійно орієнтований характер. Відсутність негативних відповідей підтверджує, що використання клінічно наближених кейсів і робота з реальними форматами медичних зображень сприяють усвідомленню практичної значущості навчального матеріалу.

На запитання четвертого блоку половина опитаних (50%) оцінили запропонований підхід як дуже ефективний, ще 46% – як ефективний. Лише 4% студентів надали середню оцінку, тоді як негативних відповідей не зафіксовано. Це свідчить про високий рівень навчальної мотивації та позитивне сприйняття синергетичного підходу до викладання (рис. 2).

Оцінка синергетичного підходу (ІТ + фізичні основи)

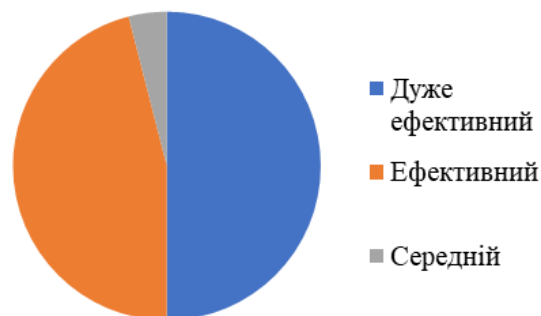


Рисунок 2. Оцінка синергетичного підходу (блок 4).

Отриманий високий рівень кореляційного зв'язку підтверджує наявність тісної взаємозалежності між позитивним сприйняттям інтегрованого навчання та самооцінкою сформованості професійних компетентностей студентів. Слід зазначити, що результати кореляційного аналізу ($r = 0,99$) відображають самооцінку студентів і потребують подальшої перевірки на розширених вибірках.

На рисунку 3 проілюстровані сумарні результати опитування.

Результативна діаграма (сумарно 5 блоків анкети)

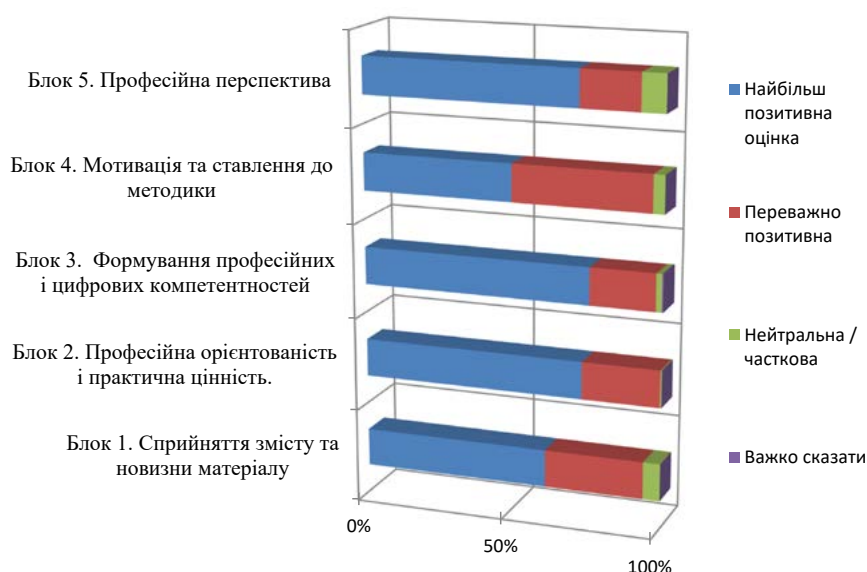


Рисунок 3. Результати анкетування з теми: «Застосування стандарту DICOM, системи збереження та передачі медичних зображень (PACS). Фізичні принципи та методи отримання медичних зображень».

Узагальнюючи отримані результати, можемо стверджувати, що синергетичний підхід, заснований на поєднанні фізичних принципів формування медичних зображень із використанням сучасних інформаційних технологій, сприяє підвищенню професійної орієнтованості навчання та формуванню професійних і цифрових компетентностей. Це відповідає цілям освітньої програми навчальної дисципліни «Медична інформатика».

ДИСКУСІЯ

Отримані результати підтверджують перспективність впровадження інтегрованих методик навчання медичної візуалізації у підготовці студентів медичних спеціальностей. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення вибірки, порівняльний аналіз різних освітніх підходів та оцінювання довготривалого впливу запропонованої методики на формування професійних компетентностей.

Рациональне поєднання новітніх технологій та класичних методів викладання природничих наук сприяє взаємному синергетичному посиленню ефектів від їх застосування та мінімізує когнітивний дисонанс і диспропорцію інформаційних потреб і пропозицій у вищій медичній освіті України [5].

Завдяки такому підходу медична освіта стає більш практично орієнтованою, що дозволяє випускникам бути конкурентоспроможними на ринку праці та успішно інтегрувати інновації в клінічну практику.

ВИСНОВКИ

У дослідженні обґрунтовано доцільність застосування синергетичного підходу до викладання медичної візуалізації, що передбачає інтеграцію фізичних принципів формування медичних зображень із використанням сучасних інформаційних технологій.

Розроблена методика проведення практичного заняття забезпечує поєднання теоретичного опанування фізичних основ функціонування діагностичної апаратури з практичною роботою студентів у програмних середовищах перегляду, оброблення та аналізу медичних зображень у форматі DICOM. Запропонований міждисциплінарний підхід сприяє формуванню цілісного розуміння процесів отримання та оброблення медичних зображень, підвищує навчальну мотивацію студентів і покращує якість засвоєння навчального матеріалу.

Результати анкетування студентів ($n = 71$) засвідчили високий рівень позитивного сприйняття запропонованої методики, її практичної спрямованості та професійної значущості. Більшість респондентів відзначили покращення розуміння принципів отримання медичних зображень, підвищення

зацікавленості у навчанні та усвідомлення практичної цінності отриманих знань для майбутньої професійної діяльності.

Застосування синергетичного підходу сприяє розвитку логічного мислення, формуванню навичок аналізу медичних зображень, здатності обирати програмні інструменти відповідно до клінічного завдання та інтегрувати теоретичні знання з практичною діяльністю. Така методика навчання підвищує мотивацію студентів і сприяє формуванню готовності до використання цифрових технологій у майбутній професійній практиці.

Перспективи подальших досліджень. Згідно зі статистичними даними, спостерігається чітка тенденція до збільшення кількості медичного обладнання та досліджень з використанням радіологічних методів, а також зростання ролі неінвазивних технологій: ультразвукового дослідження, КТ та МРТ, радіонуклідних методів, зокрема позитронно-емісійної томографії.

Це ставить перед медичною освітою виклик, оскільки професійна компетентність лікарів повинна відповідати потребам сучасної медичної теорії та практики.

Доцільним є проведення досліджень на більших вибірках студентів різних курсів і спеціальностей з метою підтвердження отриманих результатів та оцінювання стабільності педагогічного ефекту. В перспективі ми плануємо проведення практичних занять, які включають інші теми освітньої програми з застосуванням синергетичного підходу.

Подальшого вивчення потребує вплив інтегрованого поєднання фізичних принципів функціонування медичної апаратури та цифрових технологій обробки зображень на розвиток клінічного мислення, аналітичних навичок і здатності приймати професійні рішення в умовах моделювання реальних клінічних ситуацій. Перспективним напрямом є також порівняльний аналіз ефективності традиційних і інтегрованих методик навчання із застосуванням кількісних педагогічних показників.

ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

У ході проведення цього дослідження автори дотримувались усіх відповідних етичних стандартів. Дослідження проведено відповідно до загальноновизнаних міжнародних етичних стандартів у сфері освітніх і педагогічних досліджень. Участь студентів в анкетуванні була добровільною, а отримані дані – анонімними та використаними виключно в узагальненому вигляді з науковою метою.

Обмеження дослідження. Обмеження дослідження зумовлені характеристиками вибірки (обмежена

кількість респондентів) та використанням методу самооцінювання студентів. Крім того, результати відображають ефективність методики в межах конкретного навчального контексту та потребують подальшої верифікації на ширшій вибірці.

Первинні дані та матеріали. У дослідженні не використовувалися первинні медичні дані (історії хвороби, амбулаторні картки, протоколи обстежень, результати лабораторних та інструментальних досліджень пацієнтів) або персоніфіковані статистичні бази. Аналіз базувався виключно на результатах анкетування студентів, отриманих у межах освітнього процесу.

Декларація використання генеративного ШІ у підготовці рукопису. У процесі підготовки рукопису було використано інструмент генеративного штучного інтелекту ChatGPT (OpenAI). Система застосовувалася для мовного редагування тексту, уточнення формулювань та допомоги у структуризації матеріалу.

Промпти включали запити на граматичну, стилістичну та лексичну редактуру. Усі наукові результати, інтерпретації та висновки належать авторам і були ними перевірені.

ФІНАНСУВАННЯ ТА КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори декларують відсутність будь-якого конфлікту інтересів при виконанні дослідження, авторства та публікації даної статті. Дослідження було проведено незалежно, без будь-якого впливу комерційних чи фінансових відносин.

ВНЕСОК АВТОРІВ

Стучинська Н. В.^{A, D, E}

Криштопа А. О.^{A, B, C, D}

Андрійчук М. Д.^{A, B, C, D}

Чалий О. В.^{A, D, E, F}

REFERENCES

1. Larobina, M. (2023). Thirty years of the DICOM standard. *Tomography*, 9(5), 1829-1838. <https://doi.org/10.3390/tomography9050145>
2. DICOM Standard Committee. (n.d.). DICOM working groups & minutes. <https://www.dicomstandard.org/activity/wgs>
3. Stirrat, T., Martin, R., Umair, M., & Waller, J. (2024). Advancing radiology education for medical students: Leveraging digital tools and resources. *Polish Journal of Radiology*, 89, e508-e516. <https://doi.org/10.5114/pjr/193518>
4. Chalyi, O. V. (2000). Synerhetychni pryntsypy osvity ta nauky. *Akademiia pedahohichnykh nauk Ukrainy; Natsionalnyi medychnyi universytet imeni O. O. Bohomoltsia*.
5. Chalyi, A., Sysoiev, O., Chalyi, K., Kryvenko, I., Kryshtopa, A., & Koval, B. (2020). Synerhetychni pryntsypy modernizatsii form vykladannia pryrodnychych dystsyplyn u vyshchii medychnii osviti. *The Modern Higher Education Review*, (5), 31-38. <https://doi.org/10.28925/2518-7635.2020.5.3>
6. Stuchynska, N. V., Belous, I. V., & Mykytenko, P. V. (2021). Use of modern cloud services in radiological diagnostics training. *Wiadomości Lekarskie*, 74(3).
7. Haken, H. (1978). *Synergetics: An introduction. Nonequilibrium phase transitions and self-organization in physics, chemistry and biology*. Springer.
8. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2019). Pro skhvalennia Stratehii rozvytku medychnoi osvity v Ukraini (Order No. 95-r, February 27, 2019). <https://zakon.rada.gov.ua/go/95-2019-p>
9. Longhini, J., Rossettini, G., & Palese, A. (2022). Digital competencies for healthcare professionals: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 24(8), e36414. doi.org 36414
10. Andriichuk, M. D. (2025). Anketa dlia studentiv do temy «Tekhnolohii zberihannia, peredavannia y obroblennia zobrazhen ta biosyhnaliv u medychnykh informatsiinykh systemakh...». <https://forms.gle/s4VgCJqNa8vU73Ty6>

Abstract**SYNERGETIC APPROACH TO LEARNING THE FUNDAMENTALS OF MEDICAL IMAGING: PHYSICAL PRINCIPLES AND INFORMATION TECHNOLOGIES****Natalia V. Stuchynska, Albina O. Kryshchuk, Mariia D. Andriichuk, Alexander V. Chalyi**

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Introduction. Medical imaging methods play a crucial role in diagnosis, treatment planning, and patient monitoring. Therefore, future physicians should not only understand the clinical significance of medical images but also be aware of the physical principles underlying their formation as well as the specific features of their digital representation and analysis.

Aim. Based on the principles of the synergetic methodology, the study proposes a methodology for conducting a practical class that integrates the physical principles of medical image formation with the use of modern information technologies and the DICOM standard in the training of medical students.

Materials and methods. Within the framework of practical classes, a synergetic approach to teaching medical imaging was implemented, based on the integration of the physical principles of medical image formation with the practical application of information technologies. The instructional methodology included professionally oriented tasks aimed at selecting appropriate medical imaging modalities and explaining the physical principles underlying image acquisition. The effectiveness of the proposed approach was evaluated based on the results of practical task performance and a student survey assessing the impact of the synergetic approach on the development of professional competencies.

Results. The article presents a methodology for conducting a practical class within the discipline Medical Informatics, in which information technologies are synergetically combined with modern achievements in medical physics for studying the physical foundations of medical image acquisition. The effectiveness of the proposed methodology was evaluated through pilot classes and a student survey involving medical students ($n = 71$). The results of the statistical analysis demonstrated a positive perception of the integrated learning format and revealed statistically significant positive relationships between the evaluation of the synergetic approach and the level of development of professional and digital competencies.

Conclusions. Integrating the physical foundations of medical imaging with information technologies enhances the professional orientation of learning, promotes the development of logical thinking, and contributes to preparing future healthcare professionals to work with modern digital diagnostic systems.

Keywords: medical imaging, medical physics, synergetic approach, digital tools, digital competencies, professionally oriented learning

Received: 27.04.2026**Accepted:** 17.06.2026**Published:** 16.07.2026