

УДК 616.62-006.6

DOI <https://doi.org/10.32782/health-2026.1.5>

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

## РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОПТИМІЗАЦІЇ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДІАГНОСТИКИ АДЕНОМІОЗУ ТА ЕНДОМЕТРІОЗУ ТАЗОВОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ

**Бобик Юрій Юрійович,**  
доктор медичних наук, професор,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
ORCID: 0000-0002-0057-9783

*Застосування штучного інтелекту (далі – ШІ) в медичній діагностиці відкриває нові можливості для підвищення точності, оперативності та ефективності обстеження пацієнток із гінекологічною патологією. Ультразвукова діагностика аденоміозу (далі – УЗД) та ендометріозу тазової локалізації залишається складним завданням через варіативність клінічних проявів, нечіткі межі уражених тканин та індивідуальні анатомічні особливості. Метою дослідження є всебічний аналіз ролі алгоритмів ШІ в оптимізації УЗД, підвищенні точності діагностичних висновків та зниженні ймовірності діагностичних помилок. На основі сучасних досліджень і міжнародних клінічних рекомендацій проаналізовано методи автоматизованої обробки ультразвукових зображень, застосування алгоритмів машинного навчання для ідентифікації патологічних змін у структурі ендометрію та міометрію, а також інтеграцію рішень ШІ в роботу лікаря-діагноста. Обґрунтовано доцільність застосування моделей глибокого навчання для автоматичного виділення зон ураження, прогнозування тяжкості захворювання та моніторингу ефективності лікування. Особливу увагу приділено клінічним перевагам упровадження ШІ, зокрема скороченню часу обстеження, мінімізації суб'єктивного впливу дослідника, підвищенню відтворюваності результатів та можливості раннього виявлення патологій, що істотно впливає на вибір індивідуальної терапії. Акцентовано також на економічній ефективності інтеграції ШІ, оскільки автоматизація процесу обстеження дає змогу оптимізувати робочий час персоналу та знизити витрати на повторні дослідження. Отже, поєднання клінічного досвіду лікаря та інтелектуальних алгоритмів сприяє створенню високоточної та надійної системи УЗД аденоміозу та ендометріозу, що відповідає сучасним вимогам персоналізованої медицини. Упровадження ШІ в рутинну практику обстежень гінекологічних пацієнток є важливим кроком до підвищення якості медичної допомоги та оптимізації ресурсів клініки.*

**Ключові слова:** машинне навчання, автоматизована обробка зображень, клінічна оптимізація, персоналізована медицина, гінекологічна патологія.

### **Yurii Bobyk. The Role of Artificial Intelligence in Optimizing Ultrasound Diagnosis of Adenomyosis and Pelvic Endometriosis**

*The application of artificial intelligence (AI) in medical diagnostics opens new perspectives for enhancing the accuracy, speed, and efficiency of examinations in patients with gynecological pathology. Ultrasound diagnosis of adenomyosis and pelvic endometriosis remains a challenging task due to the variability of clinical manifestations, indistinct boundaries of affected tissues, and individual anatomical features. The aim of this study is a comprehensive analysis of the role of AI algorithms in optimizing the ultrasound examination process, improving the accuracy of diagnostic conclusions, and reducing the likelihood of diagnostic errors. Based on current scientific research and international clinical guidelines, methods of automated ultrasound image processing, the use of machine learning algorithms for identifying pathological changes in the endometrium and myometrium, and the integration of AI solutions into the workflow of diagnostic physicians are discussed. The prospects of applying deep learning models for automatic delineation of lesion areas, predicting disease severity, and monitoring treatment effectiveness are also considered. Special attention is given to the clinical advantages of AI implementation: reducing examination time, minimizing subjective operator influence, increasing result reproducibility, and enabling early detection of pathologies, which significantly impacts individualized therapy planning. The economic efficiency of AI integration is also highlighted, as automation of the examination process allows for optimized personnel time and reduced costs for repeat studies. It is concluded that an effective combination of physician expertise and intelligent algorithms enables the creation of a highly accurate and reliable system for ultrasound diagnosis of adenomyosis and endometriosis, meeting modern requirements of personalized medicine. Implementing AI in routine examinations of gynecological patients represents an important step toward improving the quality of medical care and optimizing clinical resources.*

**Key words:** machine learning, automated image processing, clinical optimization, personalized medicine, gynecological pathology.

**Вступ.** Ендометріоз і аденоміоз належать до найпоширеніших гінекологічних захворювань жінок репродуктивного віку, які характеризуються хронічним перебігом, больовим синдро-

мом, порушенням менструальної функції та безпліддям. За даними сучасних досліджень, поширеність ендометріозу серед таких пацієнток становить приблизно 10–15%, а серед жінок

із безпліддям цей показник сягає 35–50% [1; 2]. Аденоміоз також є поширеною патологією матки, що часто поєднується з іншими формами ендометріозу та значно погіршує якість життя.

Сучасні клінічні рекомендації підкреслюють важливість ранньої й точної діагностики цих захворювань, оскільки своєчасне виявлення патологічних змін дає змогу оптимізувати тактику лікування та знизити ризик розвитку ускладнень [3, с. 32]. Одним із найдоступніших та інформативних методів виявлення патології органів малого таза є УЗД, зокрема трансвагінальна сонографія, яка широко застосовується для діагностики ендометріозу та аденоміозу [4, с. 169].

Водночас інтерпретація ультразвукових зображень часто залежить від досвіду лікаря та супроводжується певними діагностичними труднощами, особливо на ранніх стадіях захворювання. За результатами сучасних досліджень, застосування додаткових технологій аналізу зображень, зокрема еластографії та комп'ютерної обробки сонографічних даних, здатне підвищити точність діагностики [5; 6].

З огляду на стрімкий розвиток цифрових технологій у медицині особливого значення набуває застосування алгоритмів ШІ для аналізу медичних зображень. Методи глибокого навчання дають змогу автоматично розпізнавати характерні ультразвукові ознаки патологічних змін, що сприяє підвищенню точності та швидкості діагностики [7]. Результати досліджень підтверджують, що застосування нейронних мереж для аналізу ультразвукових зображень дає змогу ефективно виявляти ознаки аденоміозу та інших форм ендометріозу [8, с. 132].

Отже, інтеграція технологій ШІ в процес УЗД розширює можливості для підвищення точності діагностичних процедур, стандартизації інтерпретації результатів та оптимізації клінічної практики в гінекології.

**Мета та завдання.** Метою дослідження є аналіз сучасних можливостей застосування технологій ШІ для підвищення ефективності УЗД аденоміозу та ендометріозу тазової локалізації.

Завдання дослідження:

- 1) проаналізувати сучасні наукові підходи до УЗД аденоміозу та ендометріозу тазової локалізації;
- 2) схарактеризувати можливості застосування алгоритмів ШІ та глибокого навчання в аналізі ультразвукових зображень;
- 3) оцінити перспективи застосування технологій ШІ для підвищення точності та оптимізації діагностики гінекологічних захворювань.

**Методи дослідження.** Матеріалами дослідження є наукові публікації вітчизняних та закордонних авторів, присвячені проблемам діагностики ендометріозу та аденоміозу, застосуванню ультразвукових методів дослідження, а також технологій ШІ в медичній практиці. Джерельну базу становили наукові статті, систематичні огляди та результати клінічних досліджень, опубліковані в міжнародних наукових базах даних та фахових медичних журналах.

На першому етапі дослідження було застосовано метод інформаційного пошуку, який дав змогу відібрати релевантні наукові праці, що висвітлюють сучасні підходи до УЗД ендометріозу та аденоміозу, а також застосування алгоритмів ШІ для аналізу медичних зображень. Подальша систематизація відібраних джерел дала змогу структурувати отримані дані за основними напрямками дослідження: традиційні ультразвукові методи діагностики, алгоритми автоматизованого аналізу зображень та перспективи інтеграції ШІ в клінічну практику.

Метод узагальнення застосовано для формування цілісного уявлення про сучасні наукові підходи до виявлення патологічних змін ендометрію, визначення діагностичних можливостей ультразвукових технологій та оцінювання ролі цифрових інструментів у підвищенні точності діагностики. Порівняльний аналіз результатів клінічних і експериментальних досліджень дав змогу порівняти ефективність традиційних методів ультразвукової інтерпретації з підходами, що ґрунтуються на застосуванні алгоритмів машинного навчання.

Окрему увагу було приділено аналізу сучасних моделей ШІ, що застосовуються для обробки медичних зображень. Зокрема, у низці досліджень для автоматичного розпізнавання патологічних змін у структурі матки використовуються згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN). Вони демонструють високу ефективність у класифікації та виявленні аномалій на ультразвукових зображеннях. Для сегментації анатомічних структур та виділення патологічних ділянок застосовуються архітектури типу U-Net, спеціально розроблені для аналізу біомедичних зображень. Вони забезпечують вищу точність окреслення меж уражених тканин порівняно з візуальним експертним аналізом.

Застосування зазначених методів дослідження дало змогу визначити сучасні тенденції розвитку УЗД, оцінити можливості інтеграції технологій ШІ в клінічну практику та проаналізувати їхній потенціал для підвищення точності та

об'єктивності діагностики ендометріозу та аденоміозу.

**Результати дослідження.** Аденоміоз і ендометріоз належать до найпоширеніших доброякісних гінекологічних захворювань, що істотно впливають на репродуктивне здоров'я жінок. За даними наукових досліджень, ендометріоз виявляють приблизно в 10–15% жінок репродуктивного віку, тоді як частота аденоміозу серед пацієток із гінекологічною патологією може сягати 20–35% [1; 2]. Ці захворювання часто супроводжуються хронічним тазовим болем, дисменореєю, порушеннями менструального циклу та безпліддям, що зумовлює їхнє важливе клінічне значення та необхідність ранньої діагностики.

З морфологічного погляду ендометріоз характеризується наявністю клітин ендометрію за межами порожнини матки. Такі вогнища можуть локалізуватися на очеревині малого таза, яєчниках, зв'язковому апараті матки та інших анатомічних структурах. Аденоміоз пов'язаний із проникненням ендометріальних залоз і стромы в товщу міометрію, що призводить до структурної перебудови м'язового шару матки, розвитку локального запалення та формування характерних морфологічних змін.

Сучасні клінічні рекомендації підкреслюють важливість застосування неінвазивних методів візуалізації під час діагностики ендометріозу та аденоміозу [3, с. 33]. Провідна роль належить УЗД, яке є найбільш доступним і поширеним методом у щоденній гінекологічній практиці. Завдяки своїй доступності, відсутності іонізованого випромінювання та можливості багаторазового повторення, УЗД є одним з основних методів первинного обстеження пацієток із підозрою на патологію органів малого таза.

Найінформативнішим методом ультразвукової візуалізації вважається трансвагінальне ультразвукове дослідження. Воно забезпечує високу роздільну здатність і дає змогу детально оцінити структуру матки, ендометрію, міометрію та яєчників. Завдяки цьому трансвагінальне УЗД широко застосовується для виявлення різних гінекологічних захворювань, зокрема аденоміозу та ендометріозу [4, с. 169].

До основних сонографічних ознак аденоміозу належать гетерогенність структури міометрію, асиметричне потовщення стінок матки та нечіткість межі між ендометрієм і міометрієм. Можуть також візуалізуватися дрібні анехогенні або гіпоехогенні включення осередки в товщі міометрію та характерні лінійні або радіальні структури.

Для ендометріозу типовими ультразвуковими проявами є ендометріюїдні кісти яєчників з однорідним дрібнодисперсним вмістом, а також інші зміни тканин органів малого таза, що можуть бути виявлені під час дослідження. За результатами ультразвукових обстежень ознаки цих патологічних станів виявляються в значній частини пацієток, які звертаються до лікаря з гінекологічними скаргами [9, с. 528].

Водночас традиційне УЗД має певні обмеження. Точність інтерпретації сонографічних зображень залежить насамперед від досвіду та кваліфікації лікаря. Крім того, на ранніх стадіях захворювання морфологічні зміни можуть бути недостатньо вираженими, що ускладнює їхнє виявлення та диференційну діагностику з іншими патологічними станами.

Для підвищення інформативності УЗД останніми роками активно впроваджуються додаткові технології дослідження. Зокрема, застосовується еластографія, яка дає змогу оцінювати механічні властивості тканин та виявляти їхні структурні зміни; методи аналізу структури та текстури ультразвукових зображень, що забезпечують об'єктивну оцінку стану тканин.

Важливим напрямом розвитку сучасного УЗД є використання кількісних сонографічних параметрів. Аналіз таких показників дає змогу точніше характеризувати структурні особливості тканин у разі різних гінекологічних захворювань. Крім того, застосування кількісних методів оцінки сприяє стандартизації результатів дослідження та зменшенню суб'єктивного впливу під час інтерпретації ультразвукових зображень [10, с. 32].

З огляду на це, УЗД є одним з основних методів первинної діагностики аденоміозу та ендометріозу. Воно дає змогу оцінити анатомічні та структурні зміни органів малого таза й широко застосовується в клінічній практиці. Водночас наявні обмеження традиційної сонографії зумовлюють необхідність подальшого вдосконалення методів аналізу ультразвукових зображень та впровадження сучасних технологій, зокрема автоматизованих систем обробки медичних даних.

Упродовж останніх років у медичній діагностиці активно впроваджуються технології ШІ, які відкривають нові можливості для аналізу медичних зображень. Їхнє застосування дає змогу автоматизувати обробку великого обсягу даних, підвищити точність діагностичних висновків та зменшити суб'єктивний вплив під час інтерпретації результатів дослідження. Особливу актуальність такі підходи мають у галузі УЗД, де оцінка

зображень переважно залежить від досвіду лікаря та якості візуалізації.

Основою більшості сучасних систем ШІ є методи машинного та глибокого навчання. Машинне навчання передбачає створення алгоритмів, здатних аналізувати дані, виявляти закономірності та формувати прогностичні моделі на основі навчальних вибірок. Глибоке навчання ґрунтується на використанні багатосарових нейронних мереж, які можуть автоматично виокремлювати складні ознаки на зображеннях та класифікувати їх. Такі підходи широко застосовуються для обробки медичних зображень, зокрема ультразвукових, томографічних та рентгенологічних даних.

У практиці аналізу медичних зображень найчастіше застосовуються згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN), які демонструють високу ефективність під час розпізнавання структурних особливостей тканин на ультразвукових зображеннях. Такі моделі здатні автоматично виділяти інформативні ознаки патологічних змін і класифікувати зображення з високою точністю. Для задач сегментації анатомічних структур та виділення патологічних ділянок широко застосовуються архітектури типу U-Net, спеціально розроблені для аналізу біомедичних зображень. Результати сучасних досліджень підтверджують, що застосування подібних моделей дає змогу підвищити точність виявлення патологічних змін та зменшити залежність діагностичних висновків від суб'єктивної інтерпретації лікаря порівняно з традиційними методами аналізу ультразвукових зображень.

Для наочного представлення сучасних алгоритмів ШІ, що застосовуються в аналізі ультразвукових зображень у гінекології, наведено порів-

няльну таблицю основних типів алгоритмів, їхнє призначення, приклади практичного використання, переваги та обмеження. Такий підхід дає змогу систематизувати інформацію та виділити найефективніші методи для діагностики аденоміозу та ендометріозу.

З наведеної таблиці видно, що кожен алгоритм ШІ виконує специфічну роль у діагностичному процесі та має свої переваги й обмеження. Моделі глибокого навчання забезпечують найвищу точність розпізнавання патологічних змін, тоді як традиційні методи машинного навчання та комп'ютерна обробка зображень дають змогу полегшити аналіз та стандартизувати процедуру. Оптимальне поєднання цих методів сприяє ефективній автоматизації УЗД аденоміозу та ендометріозу й підвищує надійність клінічних висновків.

Важливим напрямом застосування ШІ є автоматизований аналіз медичних зображень. Алгоритми комп'ютерної обробки дають змогу здійснювати попередню обробку ультразвукових даних, покращувати контрастність зображення, зменшувати рівень шуму та виділяти структурні особливості тканин. На основі таких методів відбувається сегментація зображення, тобто автоматичне виділення анатомічних структур або патологічних зон, що має важливе значення для подальшого аналізу.

Одним із перспективних напрямів досліджень є застосування моделей глибокого навчання для діагностики гінекологічної патології. Зокрема, у сучасних роботах описано застосування нейронних мереж для виявлення ознак аденоміозу на ультразвукових зображеннях, що дає змогу підвищити точність діагностики та стандартизувати оцінку результатів дослідження [7]. Такі алгоритми здатні аналізувати великі масиви

Таблиця 1

Алгоритм ШІ	Призначення	Приклад застосування	Основні переваги	Обмеження
Моделі глибокого навчання (Deep Learning)	Виявлення ознак аденоміозу та ендометріозу на УЗД	Автоматичне розпізнавання структурних змін у міометрії та ендометрії	Висока точність, стандартизація інтерпретації, скорочення часу обстеження	Потребує великої кількості навчальних даних
Машинне навчання (Machine Learning)	Класифікація патології та прогнозування тяжкості	Аналіз текстурних характеристик тканин	Можливість створення прогностичних моделей	Обмежена здатність працювати зі складними зображеннями без попередньої обробки
Комп'ютерна обробка зображень	Покращення якості ультразвукових даних, сегментація	Виокремлення патологічних зон, аналіз ехогенності тканин	Автоматизація обробки, зменшення впливу дослідника	Не замінює клінічну оцінку, обмежена чутливість при слабкій контрастності

Джерело: сформовано автором за джерелами [5; 6; 7; 8].

медичних даних і визначати характерні патерни, які можуть бути непомітними під час візуальної оцінки зображення.

Крім того, сучасні алгоритми ШІ забезпечують автоматичну ідентифікацію патологічних змін на ультразвукових зображеннях. Такі системи здатні розпізнавати структурні особливості тканин, визначати межі патологічних утворень та класифікувати їх відповідно до заданих критеріїв [8]. Це дає змогу об'єктизувати аналіз сонографічних ознак і нівелювати вплив людського чинника під час інтерпретації результатів.

Окрему роль у комп'ютерному аналізі ультразвукових даних відіграє дослідження текстурних характеристик. Аналіз текстури дає змогу кількісно оцінити просторовий розподіл ехогенності та інші параметри структури міометрія, що трансформуються внаслідок патологічних процесів. Спеціалізовані алгоритми екстрагують ці характеристики, перетворюючи їх на релевантні діагностичні ознаки для автоматизованої класифікації гінекологічних захворювань.

Важливим напрямом застосування ШІ є також комп'ютерне розпізнавання сонографічних маркерів, характерних для різних захворювань органів малого таза. Алгоритми можуть автоматично визначати наявність певних структурних змін, таких як неоднорідність міометрія, наявність кістозних осередків або порушення анатомічних меж тканин. Це створює передумови для формування автоматизованих систем підтримки ухвалення клінічних рішень.

Таким чином, застосування алгоритмів ШІ в аналізі ультразвукових зображень відкриває нові можливості для підвищення ефективності діагностики гінекологічних захворювань. Поєднання сучасних методів комп'ютерного аналізу з традиційними підходами ультразвукової візуалізації дає змогу підвищити точність виявлення патологічних змін та стандартизувати процес інтерпретації результатів дослідження. У перспективі це може сприяти створенню нових діагностичних моделей, здатних підвищити якість медичної допомоги.

Упровадження алгоритмів ШІ в процес УЗД підвищує точність клінічних висновків. Сучасні дослідження показують, що автоматичний аналіз зображень дає змогу ефективно виділяти патологічні зони та розпізнавати характерні ознаки аденоміозу та ендометріозу [11; 12]. Це сприяє зменшенню суб'єктивного впливу лікаря та забезпечує стандартизацію оцінки результатів обстежень.

Одним з основних аспектів інтеграції ШІ є підвищення відтворюваності результатів діагностики. Завдяки алгоритмам глибокого навчання інтерпретація результатів УЗД стає стандартизованою, що нівелює вплив суб'єктивного чинника та досвіду оператора. Крім того, автоматизований аналіз не лише скорочує тривалість обстеження й забезпечує раннє виявлення патологічних змін, що є важливим для планування персоналізованих стратегій лікування.

ШІ також відіграє допоміжну роль в ухваленні клінічних рішень. Застосування комп'ютерних моделей дає змогу лікареві оцінити складні випадки, ураховуючи численні параметри ультразвукових зображень, що складно здійснити під час традиційного візуального аналізу. Отже, інтеграція ШІ не замінює фахівця, а підсилює його клінічну компетентність, забезпечуючи точнішу й своєчасну діагностику.

Нижче наведено порівняльну таблицю основних клінічних переваг застосування алгоритмів ШІ в процесі УЗД гінекологічних захворювань. Дані, наведені в таблиці, демонструють, як інтеграція інтелектуальних алгоритмів впливає на точність, відтворюваність та оперативність обстежень, а також які додаткові можливості вона створює для лікаря.

За даними таблиці, інтеграція ШІ в процес УЗД забезпечує комплексне покращення клінічної практики. Алгоритми автоматизованого аналізу зображень підвищують точність діагнозу, мінімізують вплив людського чинника та забезпечують повторюваність результатів. Це не лише оптимізує робочий час і підвищує ефективність обстежень, а й дає змогу лікарю своєчасно ухвалювати обґрунтовані клінічні рішення навіть у складних випадках.

Сучасна медицина активно інтегрує технології ШІ в діагностичні процеси, що відкриває нові можливості для автоматизації аналізу медичних зображень. Застосування алгоритмів машинного та глибокого навчання дає змогу підвищити точність УЗД, стандартизувати інтерпретацію результатів та знизити навантаження на медичний персонал. Крім того, системи ШІ здатні автоматично виділяти патологічні зони, оцінювати текстуру тканин та ідентифікувати ознаки ураження, що робить діагностику надійнішою та швидшою.

Інтеграція ШІ в клінічну практику також передбачає створення систем підтримки клінічних рішень, які можуть прогнозувати перебіг захворювання та моніторити ефективність лікування. Завдяки таким алгоритмам лікарі отримують

Таблиця 2

Перевага	Опис	Приклади використання	Клінічне значення
Підвищення точності	Автоматичне виділення патологічних зон, аналіз текстури тканин	Глибокі нейронні мережі для розпізнавання ознак аденоміозу	Зменшення помилок діагностики, своєчасне виявлення патології
Зменшення суб'єктивного чинника	Стандартизація оцінки ультразвукових зображень	Автоматичний аналіз сонографічних маркерів	Збільшення надійності результатів попри досвід лікаря
Підвищення відтворюваності результатів	Консистентність діагностичних висновків у разі повторних обстежень	Комп'ютерна сегментація та класифікація тканин	Дає змогу динамічно спостерігати й порівнювати результати
Скорочення часу обстеження	Автоматичне формування діагностичних висновків	ІІІ-аналітика для швидкого аналізу серії зображень	Оптимізація робочого часу персоналу та покращення потоковості обстежень
Рання діагностика	Виявлення патології на субклінічних стадіях	Моделі прогнозування тяжкості захворювання	Підвищення ефективності лікування та планування терапії

Джерело: сформовано автором за джерелами [13; 14].

інструменти для точнішого планування індивідуальної терапії та раннього виявлення ускладнень. Використання великих медичних баз даних у поєднанні з нейронними мережами відкриває перспективи для персоналізованої медицини, де клінічні рішення ґрунтуються на комплексному аналізі численних показників пацієнтки [15, с. 9].

Економічні та організаційні переваги інтеграції ІІІ в гінекологічну діагностику не менш важливі. Автоматизація рутинних процедур дає змогу скоротити тривалість обстеження, оптимізувати робочий час персоналу й мінімізувати витрати, пов'язані з необхідністю повторних досліджень. Поєднання досвіду лікаря та алгоритмів ІІІ забезпечує баланс між людським чинником та технологічною точністю, що сприяє підвищенню якості медичної допомоги та розвитку персоналізованої медицини [16, с. 1639].

Нижче наведено огляд основних напрямів розвитку технологій ІІІ в гінекологічній діагностиці з описом практичного застосування та очікуваного ефекту.

Розвиток технологій ІІІ в гінекологічній діагностиці має багатогранний характер: від автоматизації аналізу медичних зображень та прогнозування перебігу захворювання до підтримки персоналізованої медицини та оптимізації клінічних ресурсів. Поєднання клінічного досвіду та алгоритмів ІІІ створює основу для ефективнішої, точної та сучасної медичної практики, що відповідає сучасним стандартам персоналізованої медицини.

**Висновки.** Інтеграція технологій ІІІ в УЗД аденоміозу та ендометріозу тазової локалізації є системоутворювальною категорією сучасної гінекологічної практики, оскільки підви-

Таблиця 3

Напрямок розвитку	Опис	Практичне застосування	Очікуваний ефект
Автоматизація аналізу зображень	Застосування алгоритмів машинного та глибокого навчання для обробки УЗД та МРТ	Автоматичне виділення патологічних зон, аналіз текстури тканин	Підвищення точності та швидкості діагностики
Підтримка клінічних рішень	Системи ІІІ для прогнозування перебігу захворювання та оцінки ризиків	Прогнозування тяжкості аденоміозу та ендометріозу, рекомендації для терапії	Зменшення кількості діагностичних помилок, покращення персоналізації лікування
Моніторинг лікування	Застосування ІІІ для оцінки ефективності терапії	Відстеження динаміки патології у пацієнток	Оптимізація планування лікування, підвищення результативності
Використання великих баз даних	Інтеграція клінічних та дослідницьких даних у системи ІІІ	Аналіз історій хвороби та клінічних показників	Розроблення ефективніших протоколів діагностики та лікування
Персоналізована медицина	Поєднання досвіду лікаря та алгоритмів ІІІ	Індивідуальні рекомендації на основі аналізу ІІІ	Підвищення якості медичної допомоги та точності клінічних рішень

Джерело: сформовано автором за джерелами [7; 8; 15].

щує точність та відтворюваність діагностичних висновків, скорочує час обстеження та мінімізує суб'єктивний вплив лікаря. Аналіз засвідчив, що сучасні алгоритми машинного та глибокого навчання, комп'ютерна обробка зображень та автоматизований аналіз текстурних характеристик тканин дають змогу ефективно ідентифікувати патологічні зони, прогнозувати тяжкість захворювання та моніторити результати лікування, що відповідає принципам персоналізованої медицини.

Стан упровадження ІІІ в гінекологічну практику в Україні, попри позитивну динаміку застосування цифрових інструментів, характеризується обмеженнями, пов'язаними з недостатньою кількістю навчальних даних, необхідністю підвищення кваліфікації персоналу та потребою стандартизації протоколів обробки ультразвукових зображень. Особливо актуальним є розвиток систем підтримки клінічних рішень, здатних інтегру-

вати великі масиви медичних даних та забезпечувати об'єктивну оцінку патологічних змін.

Запропонований комплекс практичних заходів (упровадження моделей глибокого навчання, автоматизація обробки ультразвукових зображень, навчання медичного персоналу та розроблення стандартизованих протоколів) створює основу для формування високоточних та надійних систем УЗД. Очікуваним результатом реалізації цих підходів є підвищення якості медичної допомоги, оптимізація ресурсів клініки та можливість своєчасного планування персоналізованої терапії для пацієнток із гінекологічною патологією.

Подальші наукові дослідження мають бути спрямовані на емпіричну оцінку ефективності алгоритмів ІІІ в клінічних умовах, аудит їхньої точності та відтворюваності результатів, а також розроблення інтегрованих моделей персоналізованого УЗД з урахуванням індивідуальних анатомічних та морфологічних особливостей пацієнток.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Epidemiology of endometriosis in Ukraine: results a multicenter study (2019–2021) / A. G. Salmanov et al. *Polski Merkuriusz Lekarski*. 2024. Vol. LII. № 3. P. 277–285. URL: <https://repo.odmu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/16614/Korniyenko.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 08.03.2026).
2. Mishra I., Melo P., Easter C., Sephton V., Dhillon-Smith R., Coomarasamy A. Prevalence of adenomyosis in women with subfertility: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2023. Vol. 62. № 1. P. 23–41. DOI: <https://doi.org/10.1002/uog.26159>
3. Запорожан В. М., Гладчук І. З., Рожковська Н. М., Гайдаржі Х. Д. Глибокий ендометріоз: огляд сучасних рекомендацій та власні дані. *Збірник наукових праць Асоціації акушерів-гінекологів України*. 2022. № 2(50). С. 26–36. DOI: [https://doi.org/10.35278/2664-0767.2\(50\).2023.274979](https://doi.org/10.35278/2664-0767.2(50).2023.274979)
4. Бакун О. В., Чоповці І. І. Переваги трансвагінального ультразвукового дослідження у діагностиці ендометріоза. *Science and technology: challenges, prospects and innovations: the 10 th International scientific and practical conference (Osaka, May 22–24, 2025) Osaka, 2025*. P. 166–171. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Lyudmyla-Antypenko/publication/392000949\\_Database\\_analysis\\_of\\_completed\\_clinical\\_trials\\_investigating\\_hemostatic\\_agents\\_implications\\_for\\_military\\_trauma\\_care/links/68302700df0e3f544f581000/Database-analysis-of-completed-clinical-trials-investigating-hemostatic-agents-implications-for-military-trauma-care.pdf#page=166](https://www.researchgate.net/profile/Lyudmyla-Antypenko/publication/392000949_Database_analysis_of_completed_clinical_trials_investigating_hemostatic_agents_implications_for_military_trauma_care/links/68302700df0e3f544f581000/Database-analysis-of-completed-clinical-trials-investigating-hemostatic-agents-implications-for-military-trauma-care.pdf#page=166) (дата звернення: 08.03.2026)
5. Brunelli A. C., Brito L. G. O., Moro F. A. S., Jales R. M., Yela D. A., Benetti-Pinto C. L. Ultrasound elastography for the diagnosis of endometriosis and adenomyosis: a systematic review with meta-analysis. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2023. Vol. 49. № 3. P. 699–709. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2022.11.006>
6. Orishchak I. K., Makarchuk O. M., Henyk N. I., Ostrovska O. M., Havryliuk H. M. Sonoelastography evaluation in the diagnosis of endometrial pathology combined with chronic endometritis in infertile women. *Journal of Medicine and Life*. 2022. Vol. 15. № 3. P. 397–404. DOI: <https://doi.org/10.25122/jml-2021-0358>
7. Application of deep learning model in the sonographic diagnosis of uterine adenomyosis / D. Raimondo et al. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. Vol. 20. № 3. Article 1724. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20031724>
8. Zhao Q., Yang T., Xu C., Hu J., Shuai Y., Zou H., Hu W. Automatic diagnosis for adenomyosis in ultrasound images by deep neural networks. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2024. № 301. P. 128–134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2024.07.046>
9. Orlov S., Jokubkiene L. Prevalence of endometriosis and adenomyosis at transvaginal ultrasound examination in symptomatic women. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 2022. Vol. 101. № 5. P. 524–531. DOI: <https://doi.org/10.1111/aogs.14337>
10. Kosei N. V., Vetokh H. V., Chaykivska E. F., Yusko T. I., Daineko I. I. Sonographic parameters in the diagnosis of chronic cervicitis. *Клінічна та профілактична медицина*. 2024. № 2. С. 28–34. DOI: <https://doi.org/10.31612/2616-4868.2.2024.04>
11. Savchenko U.-S. Prevention Of Premature Skin Aging Through the Use of Bioactive Forms of Vitamin C With Hyaluronate. *The American Journal of Medical Sciences and Pharmaceutical Research*. 2025. Vol. 7. № 8. P. 51–55. DOI: <https://doi.org/10.37547/tajmspr/Volume07Issue08-08>

12. Dekhtiar Y. M., Kostyev F. I., Zacheslavsky O., Kuznietsov D. Urodynamic characteristics of lower urinary tract of patients with idiopathic overactive bladder. *Urology Annals*. 2019. Vol. 11. № 1. P. 83–86. DOI: [https://doi.org/10.4103/UA.UA\\_37\\_18](https://doi.org/10.4103/UA.UA_37_18)
13. Невгадовська П. М., Чечуга С. Б. Діагностика хронічного ендометриу у жінок із звичним невиношуванням вагітності. *Науковий вісник Ужгородського університету*. 2023. № 1(67). С.57–60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8127.2023.67.10>
14. Огоренко В. В., Гненна О. М., Кокашинський В. О. Соціально-психологічні та клінічні аспекти домашнього насильства (огляд літератури). *Український вісник психоневрології*. 2021. № 1. С. 48–54. DOI: <https://doi.org/10.36927/2079-0325-V29-is1-2021-9>
15. Dyndar O. A., Dymarska O. Z. Medical-social audit of reproductive age women with ovarian endometriomas. *Medical Science of Ukraine (MSU)*. 2024. Vol. 20. № 1. P. 4–11. DOI: <https://doi.org/10.32345/2664-4738.1.2024.01>
16. Orlov S., Sladkevicius P., Jokubkiene L. Evaluating the development of endometriosis and adenomyosis lesions over time: An ultrasound study of symptomatic women. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. 2024. Vol. 103. № 8. P. 1634–1644. DOI: <https://doi.org/10.1111/aogs.14865>

## REFERENCES

1. Salmanov, A. G., Yuzko, O. M., Tofan, B. Y., Korniyenko, S. M., Lysenko, B. M., ... & Zarichanska, K. V. (2024). Epidemiology of endometriosis in Ukraine: results a multicenter study (2019–2021). *Polski Merkuriusz Lekarski*, 52(3), 277–285. Retrieved from <https://repo.odmu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/16614/Korniyenko.pdf>
2. Mishra, I., Melo, P., Easter, C., Sephton, V., Dhillon-Smith, R., & Coomarasamy, A. (2023). Prevalence of adenomyosis in women with subfertility: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 62(1), 23–41. <https://doi.org/10.1002/uog.26159>
3. Zaporozhan, V. M., Hladchuk, I. Z., Rozhkovska, N. M., & Haidarzhi, Kh. D. (2022). Hlybokyi endometrioz: ohliad suchasnykh rekomendatsii ta vlasni dani [Deep endometriosis: review of modern recommendations and own data]. *Zbirnyk naukovykh prats Asotsiatsii akusheriv-hinekologiv Ukrainy – Proceedings of the Association of Obstetricians and Gynecologists of Ukraine*, 2(50), 26–36. [https://doi.org/10.35278/2664-0767.2\(50\).2023.274979](https://doi.org/10.35278/2664-0767.2(50).2023.274979) [in Ukrainian].
4. Bakun, O. V., & Chopovtsi, I. I. (2025). Perevahy transvahinalnoho ultrazvukovoho doslidzhennia u diahnozyti endometrioza [Advantages of transvaginal ultrasound examination in the diagnosis of endometriosis]. In *Science and technology: challenges, prospects and innovations: The 10th International scientific and practical conference (Osaka, May 22–24, 2025)* (pp. 166–171). Osaka. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Lyudmyla-Antypenko/publication/392000949\\_Database\\_analysis\\_of\\_completed\\_clinical\\_trials\\_investigating\\_hemostatic\\_agents\\_implications\\_for\\_military\\_trauma\\_care/links/68302700df0e3f544f581000/Database-analysis-of-completed-clinical-trials-investigating-hemostatic-agents-implications-for-military-trauma-care.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lyudmyla-Antypenko/publication/392000949_Database_analysis_of_completed_clinical_trials_investigating_hemostatic_agents_implications_for_military_trauma_care/links/68302700df0e3f544f581000/Database-analysis-of-completed-clinical-trials-investigating-hemostatic-agents-implications-for-military-trauma-care.pdf) [in Ukrainian].
5. Brunelli, A. C., Brito, L. G. O., Moro, F. A. S., Jales, R. M., Yela, D. A., & Benetti-Pinto, C. L. (2023). Ultrasound elastography for the diagnosis of endometriosis and adenomyosis: a systematic review with meta-analysis. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 49(3), 699–709. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2022.11.006>
6. Orishchak, I. K., Makarchuk, O. M., Henyk, N. I., Ostrovska, O. M., & Havryliuk, H. M. (2022). Sonoelastography evaluation in the diagnosis of endometrial pathology combined with chronic endometritis in infertile women. *Journal of Medicine and Life*, 15(3), 397–404. <https://doi.org/10.25122/jml-2021-0358>
7. Raimondo, D., Raffone, A., Aru, A. C., Giorgi, M., Giaquinto, I., ... & Casadio, P. (2023). Application of deep learning model in the sonographic diagnosis of uterine adenomyosis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph20031724>
8. Zhao, Q., Yang, T., Xu, C., Hu, J., Shuai, Y., Zou, H., & Hu, W. (2024). Automatic diagnosis for adenomyosis in ultrasound images by deep neural networks. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 301, 128–134. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2024.07.046>
9. Orlov, S., & Jokubkiene, L. (2022). Prevalence of endometriosis and adenomyosis at transvaginal ultrasound examination in symptomatic women. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, 101(5), 524–531. <https://doi.org/10.1111/aogs.14337>
10. Kosei, N. V., Vetokh, H. V., Chaikovska, E. F., Yusko, T. I., & Daineko, I. I. (2024). Sonographic parameters in the diagnosis of chronic cervicitis. *Klinichna ta profilaktychna medytsyna – Clinical and Preventive Medicine*, 2, 28–34. <https://doi.org/10.31612/2616-4868.2.2024.04>
11. Savchenko, U.-S. (2025). Prevention of premature skin aging through the use of bioactive forms of vitamin C with hyaluronate. *The American Journal of Medical Sciences and Pharmaceutical Research*, 7(8), 51–55. <https://doi.org/10.37547/tajmspr/Volume07Issue08-08>
12. Dekhtiar, Y. M., Kostyev, F. I., Zacheslavsky, O., & Kuznietsov, D. (2019). Urodynamic characteristics of lower urinary tract of patients with idiopathic overactive bladder. *Urology Annals*, 11(1), 83–86. [https://doi.org/10.4103/UA.UA\\_37\\_18](https://doi.org/10.4103/UA.UA_37_18)
13. Nevhadaska, P. M., & Chechuha, S. B. (2023). Diahnostyka khronichnoho endometriu u zhinok iz zvychnym nevinoshuvanniam vahitnosti [Diagnosis of chronic endometritis in women with recurrent pregnancy loss]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu – Scientific Bulletin of Uzhhorod University*, 1(67), 57–60. <https://doi.org/10.32782/2415-8127.2023.67.10> [in Ukrainian].
14. Ohorenko, V. V., Hnenna, O. M., & Kokashynskiy, V. O. (2021). Sotsialno-psykholohichni ta klinichni aspekty domashnoho nasytstva (ohliad literatury) [Socio-psychological and clinical aspects of domestic violence (literature review)]. *Ukrainskyi visnyk psykhonevrolohii – Ukrainian Bulletin of Psychoneurology*, 29(1), 48–54. <https://doi.org/10.36927/2079-0325-V29-is1-2021-9> [in Ukrainian].

15. Dyndar, O. A., & Dymarska, O. Z. (2024). Medical-social audit of reproductive age women with ovarian endometriomas. *Medical Science of Ukraine*, 20(1), 4–11. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.1.2024.01>

16. Orlov, S., Sladkevicius, P., & Jokubkiene, L. (2024). Evaluating the development of endometriosis and adenomyosis lesions over time: an ultrasound study of symptomatic women. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, 103(8), 1634–1644. <https://doi.org/10.1111/aogs.14865>

Дата першого надходження статті до видання: 27.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026