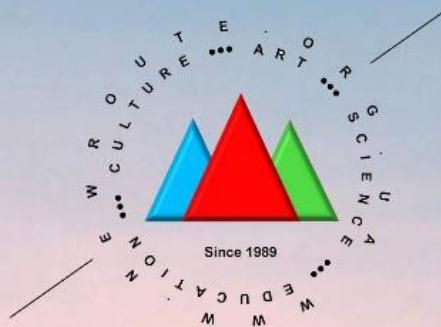


НОВИЙ КУРС • WWW.NEWROUTE.ORG.UA
НАНМ УКРАЇНИ • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/NANMU
ISCU «PROTON GLOBAL» • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/PROTON

ISSN 2710-1177 (online)

DOI: 10.61718/crp



TM

КРЕАТИВНИЙ ПРОСТІР

Науковий журнал

Електронне видання

НОВИЙ КУРС • WWW.NEWROUTE.ORG.UA
НАНМ УКРАЇНИ • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/NANMU
ISCU «PROTON GLOBAL» • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/PROTON



ISSN 2710-1177 (online)
DOI: 10.61718/crp

КРЕАТИВНИЙ ПРОСТІР

TM

Науковий журнал

Електронне видання

2026 • № 44

- Освіта • Фізична культура • Спорт •
- Культура • Мистецтво • Журналістика •
- Гуманітарні та соціальні науки • Бізнес • Адміністрування •
- Право • Готельно-ресторанна справа • Туризм • Рекреація •
- Транспорт • Безпека • Інженерія • Математика • Виробництво •
- Будівництво • Природничі науки • Сільське господарство •
- Охорона здоров'я • Соціальне забезпечення •

КРЕАТИВНИЙ ПРОСТІР™ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

- Засновано 2020 року.
- Засновник та видавець – Соціально-гуманітарна науково-творча майстерня «Новий курс» (рік заснування – 1989), яка є науковою установою.
- Міжнародний стандартний номер періодичного видання ISSN 2710-1177 (online). Періодичність – 12 разів на рік • УДК 001
- Видавцем використовується знак для товарів та послуг (торгова марка) «Креативний простір»™ (Свідчення № 342949 видане Державною організацією «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій»)
- Свідчення про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції: серія ДК № 8013 від 22.11.2023.
- Видавець зареєстрований у Глобальному реєстрі видавців (Global Register of Publishers) та Crossref із префіксом 10.61718.
- Видання отримує власний DOI: 10.61718/ср.
- Застосовується політика відкритого доступу (Open Access).
- Контент розміщується в репозитарії на сайті засновника, в базі даних інформаційного ресурсу «Наукова періодика України», в пошуковій системі наукових публікацій «Google Scholar» та індексується за показниками h-індекс (Google Scholar), i10-індекс (Google Scholar).
- Включено до міжнародної бази даних періодичних видань Ulrich's Periodicals Directory, каталогу наукових ресурсів відкритого доступу ROAD, академічної бази даних ResearchBID, бази наукових публікацій Google Scholar, каталогу наукової періодики України з питань освіти, педагогічної, психологічної та соціальних наук Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В. О. Сухомлинського Національної академії педагогічних наук України, а також до реєстру наукових видань України державної наукової установи України «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (УКРІНТЕІ).
- Автори несуть відповідальність за зміст (авторство та самостійність досліджень), точність та достовірність викладеного матеріалу.
- Редакція може не поділяти точку зору авторів.
- Видання розміщується на сайті на умовах ліцензії Creative Commons Attribution (CC BY).

Редакційна колегія:

- Кучин Сергій Павлович – доктор економічних наук, професор, академік Національної академії наук вищої освіти України, дійсний член Національної академії наук і мистецтв України, член Національної спілки театральних діячів України, член Асоціації клінічних психологів та психотерапевтів України, Соціально-гуманітарна науково-творча майстерня «Новий курс», Харківський національний університет мистецтв імені І. П. Котляревського (головний редактор).
- Акінішина Ірина Миколаївна – кандидат філологічних наук, доцент, старший науковий співробітник, Галузевий державний архів Українського інституту національної пам'яті.
- Березовська-Чміль Олена Борисівна – кандидат політичних наук, доцент, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника.
- Валецький Юрій Миколайович – доктор медичних наук, професор, Волинський медичний інститут.
- Внукова Ольга Миколаївна – кандидат педагогічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну.
- Гетьман Ірина Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент, Донбаська державна машинобудівна академія.
- Гришко Світлана Вікторівна – кандидат географічних наук, доцент, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.
- Доброер Наталія Вікторівна – кандидат культурології, доцент, Національний університет «Одеська політехніка».
- Дубовик Наталія Анатоліївна – кандидат політичних наук, доцент, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій.
- Єрошенко Олена Віталіївна – кандидат мистецтвознавства, доцент, Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди.
- Калініна Ольга Сергіївна – кандидат культурології, незалежний дослідник.
- Карпінський Борис Андрійович – доктор економічних наук, професор, Львівський національний університет імені Івана Франка.
- Кислюк Любов Вікторівна – кандидат наук із соціальних комунікацій, доцент, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».
- Кожедуб Олена Василівна – кандидат соціологічних наук, доцент, Київський національний університет імені Тараса Шевченка.
- Коробчук Людмила Іванівна – кандидат педагогічних наук, доцент, Луцький національний технічний університет.
- Кучин Павло Захарович – заслужений артист України, Національна академія наук і мистецтв України (заступник голови).
- Кучина Тетяна Ігорівна – Національна академія наук і мистецтв України (відповідальний секретар).
- Лисенко Ірина Анатоліївна – кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент, Національний університет фізичного виховання і спорту України.
- Мкртічян Оксана Альбертівна – доктор педагогічних наук, професор, Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди.
- Наголюк Олена Євгенівна – кандидат юридичних наук, доцент, Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна».
- Пашкова Надія Ігорівна – кандидат філологічних наук, доцент, Спілка українських освітян у Великій Британії.
- Плектан Христина Василівна – кандидат наук з державного управління, доцент, член-кореспондент Національної академії наук і мистецтв України, Київський національний університет культури і мистецтв.
- П'ятакова Галина Павлівна – доктор педагогічних наук, професор, Львівський національний університет імені Івана Франка.
- Рассомахіна Ольга Андріївна – кандидат юридичних наук, доцент, Європейський університет.
- Рациборинська-Полякова Наталія Володимирівна – кандидат медичних наук, доцент, Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова.
- Родіна Юлія Дмитрівна – кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».
- Сафонова Наталія Анатоліївна – кандидат філологічних наук, доцент, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара.
- Стефанишин Олена Василівна – кандидат історичних наук, доцент, Західноукраїнський національний університет.
- Сторож Олена Василівна – кандидат психологічних наук, доцент, Рівненський державний гуманітарний університет.
- Тарасюк Лариса Сергіївна – доктор філософських наук, професор, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка.
- Федоренко Микола Олександрович – кандидат філософських наук, доцент, Національна музична академія України.
- Харченко Артем Вікторович – кандидат історичних наук, доцент, Харківський національний університет мистецтв імені І. П. Котляревського.
- Христова Тетяна Євгенівна – доктор біологічних наук, професор, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.
- Цватий Вячеслав Григорович – кандидат історичних наук, доцент, заслужений працівник освіти України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка.
- Шептуха Олена Михайлівна – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова.
- Штулер Ірина Юріївна – доктор економічних наук, професор, Національна академія управління.

K79

Креативний простір: електрон. наук. журн. – № 44. – Харків: СГ НТМ «Новий курс», 2026. – 38 с.

© СГ НТМ «Новий курс», 2026

© Автори, 2026

ЗМІСТ

Культура, мистецтво	...	6
<i>Райхарт Надія Володимирівна</i> ВИМУШЕНИЙ ШАНС ДЛЯ ВЧАСНО-ЗАПІЗНІЛОГО ЗНАЙОМСТВА СВІТУ З УКРАЇНОЮ (2022-2026): В ЕПІЦЕНТРІ БУРІ. МОДЕРНІЗМ В УКРАЇНІ (1900-ТІ – 1930-ТІ)	...	6
Філологія, лінгвістика, журналістика	...	8
<i>Мартінова Вікторія Сергіївна</i> ТРОПОЛОГІЧНИЙ ВИМІР ХУДОЖНЬОЇ СИСТЕМИ МИХАЙЛА ОЛІЙНИКА ЯК ВИЯВ АВТОРСЬКОЇ ЕСТЕТИКИ	...	8
Економіка, економічна теорія	...	10
<i>Шаповал Олександр Олександрович</i> МІЖНАРОДНА ДОПОМОГА ЯК ДРАЙВЕР ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД УКРАЇНИ	...	10
Туризм, готельно-ресторанна справа	...	12
<i>Цикалюк Роман Анатолійович, Білоконь Юрій Володимирович</i> КРЕАТИВНІ ПРОСТОРИ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ АКТУАЛІЗАЦІЇ НЕМАТЕРІАЛЬНОЇ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ: АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА ТУРИСТИЧНУ ПРИВАБЛИВІСТЬ ПОСЛУГ В УКРАЇНІ	...	12
<i>Губський Станіслав Олексійович</i> ЗАРУБІЖНІ ПРАКТИКИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТУРИСТИЧНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОСЛУГ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ АДАПТАЦІЇ В УКРАЇНІ	...	13
<i>Скіданов Андрій Сергійович, Бешилеа Роман Юрійович</i> ФОРМУВАННЯ МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЙ ТА ЕКОНОМІЧНОГО СТРАТЕГУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ УКРАЇНИ ЗАСОБАМИ КРЕАТИВНОГО БРЕНДИНГУ	...	15
<i>Ковтуник Інна Іванівна</i> АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ТУРИСТИЧНИХ ПОТОКІВ У КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКІЙ ФОРТЕЦІ ТА ЧЕРНІВЕЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА	...	17
Право, судова система, правоохоронна діяльність	...	21
<i>Албул Сергій Володимирович</i> ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ КРИМІНАЛЬНОЇ РОЗВІДКИ У МЕХАНІЗМІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ КРИМІНАЛЬНОГО ПРОВАДЖЕННЯ	...	21
Інформаційні технології, комп'ютерні науки	...	26
<i>Романюк Олександр Никифорович, Денищук Людмила Петрівна, Майданюк Володимир Павлович</i> ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕХОКАРДІОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	...	26
Охорона здоров'я, медицина, фармація	...	31
<i>Рушай Анатолій Кирилович</i> ЛІКУВАННЯ НЕЗРОЩЕНЬ ПЕРЕЛОМІВ ВЕЛИКОГО МІЛКОВОЇ КІСТКИ ПІСЛЯ НЕВДАЛИХ ПОПЕРЕДНІХ ХІРУРГІЧНИХ ВТРУЧАНЬ	...	31

ОБИРАЙТЕ ПЕРШИХ! ДОВІРЯЙТЕ СПРАВЖНІМ! ЦІНУЙТЕ УНІКАЛЬНІСТЬ!

WWW.NEWROUTE.ORG.UA

Інформаційні технології, комп'ютерні науки

УДК 004.932:616.12-073.7

Романюк Олександр Никифорович

Доктор технічних наук, професор

Завідувач кафедри програмного забезпечення

Вінницький національний технічний університет

Денищич Людмила Петрівна

Кандидат медичних наук, доцент

Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова

Майданюк Володимир Павлович

Кандидат технічних наук

Доцент кафедри програмного забезпечення

Вінницький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕХОКАРДІОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Серцево-судинні захворювання залишаються однією з провідних причин смертності та тривалої втрати працездатності, тому раннє виявлення структурних і функціональних змін серця має визначальне значення для профілактики ускладнень. Ехокардіографія є одним із найпоширеніших засобів неінвазивного дослідження серця, оскільки дає змогу в реальному часі оцінити морфологію камер, стан клапанів, скоротливість міокарда, напрям і швидкість кровотоку. На відміну від комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії, ультразвукове дослідження не пов'язане з іонізуючим випромінюванням, може виконуватися багаторазово, у ліжка пацієнта та за допомогою портативного обладнання. Водночас його діагностична цінність значною мірою залежить від кваліфікації фахівця, правильності позиціонування датчика, вибору стандартної проєкції, якості акустичного вікна. Ехокардіографічне дослідження генерує не один статичний знімок, а сукупність відеопетель, доплерівських спектрів, М-режимів і метаданих. Лікар повинен визначити тип кожної проєкції, знайти інформативні серцеві цикли, окреслити межі ендокарда, встановити фази максимального наповнення та скорочення, а потім виконати кількісні розрахунки. За великого потоку досліджень такий процес стає трудомістким і створює передумови для варіативності висновків. Комп'ютерний зір здатний автоматизувати повторювані операції, забезпечити стандартизоване вимірювання та привернути увагу лікаря до нетипових ділянок. Його роль не повинна зводитися до механічної заміни фахівця: ефективна система має підтримувати клінічне рішення.

Наукова задача полягає в невідповідності між високою точністю сучасних моделей на підготовлених наборах даних та складністю їх стійкої роботи в різних клініках. Ехокардіограми відрізняються моделями ультразвукових систем, частотою кадрів, глибиною сканування, параметрами підсилення, наявністю текстових накладень, типом патології і характеристиками пацієнта. Модель може засвоїти не лише анатомічні ознаки, а й випадкові особливості конкретного обладнання чи протоколу. Тому актуальним є створення інформаційної технології, яка охоплює весь цикл роботи з даними: від контролю вхідної якості до зовнішньої валідації, моніторингу після впровадження та взаємодії з користувачем.

Розвиток глибокого навчання змінив підхід до аналізу медичних зображень. Якщо класичні алгоритми спиралися на вручну визначені ознаки, порогову обробку, активні контури та статистичні моделі форми, то сучасні нейронні мережі навчаються виділяти значущі просторові й часові представлення безпосередньо з даних. Одним із ранніх переконливих результатів стала автоматична класифікація стандартних ехокардіографічних проєкцій. Madani та співавтори показали, що глибокі моделі здатні розпізнавати види зображень і деякі клінічно значущі ознаки, створюючи передумови для автоматичного сортування матеріалів дослідження [1]. Zhang та співавтори продемонстрували комплексний підхід до розпізнавання проєкцій, сегментації камер, оцінювання їх структури й функції та виявлення окремих захворювань у рутинних клінічних даних [2]. Ці роботи підтвердили, що ехокардіографію доцільно розглядати як багатозадачну проблему, у якій результати ранніх етапів забезпечують контекст для наступних.

Важливим напрямом є автоматична сегментація. Архітектури типу U-Net та їх модифікації формують піксельну маску анатомічної структури, поєднуючи локальні деталі з багатомасштабним контекстом. Відкритий набір CAMUS містить дво- та чотирикамерні зображення 500 пацієнтів з експертною розміткою й став основою для відтворюваного порівняння алгоритмів [3]. Дослідження показало, що згорткові encoder-decoder моделі можуть достатньо точно відтворювати об'єми лівого шлуночка, хоча похибка фракції викиду залишається чутливою до помилок контурів та вибору фаз.

Знаковою для відеоаналізу стала модель EchoNet-Dynamic, навчена на великій кількості апікальних чотирикамерних відеопетель. Вона поєднала покадрову сегментацію лівого шлуночка з часовим прогнозуванням фракції викиду та продемонструвала перевагу аналізу всього відео над оцінюванням окремих кадрів [4]. Автори показали можливість визначення функції серця від скорочення до скорочення, що особливо важливо за нерегулярного ритму. Відкритість набору даних і коду сприяла порівнянню нових архітектур, однак перенесення результатів на інші установи потребує урахування доменного зсуву. Подальші дослідження зосередилися на автоматизації отримання зображень, оцінюванні якості, аналізі деформації міокарда, виявленні клапанних вад і побудові мультимодальних моделей.

Клінічна цінність автоматизації підтверджується не тільки ретроспективними тестами. У рандомізованому дослідженні оцінювання фракції викиду початковий висновок алгоритму штучного інтелекту потребував менше суттєвих виправлень фахівцем порівняно з початковим висновком сонографіста [5]. Такий дизайн є важливим, оскільки оцінює не абстрактну точність моделі, а її місце в реальному робочому процесі. Водночас систематичні та оглядові роботи наголошують на неоднорідності наборів даних, недостатній зовнішній валідації, ризиках упередженості й обмежених порівнюваності метрик [6–9]. Позиційні документи професійних товариств підкреслюють необхідність клінічного контролю, прозорого документування, кібербезпеки, оцінювання невизначеності та постійного аудиту продуктивності систем після впровадження [10].

Метою статті є розроблення структури інформаційної технології автоматизованого оцінювання показників серця.

Ехокардіографічне зображення утворюється внаслідок реєстрації відбиття ультразвукових хвиль від тканин із різним акустичним опором. На його якість впливають глибина, частота датчика, фокусування, динамічний діапазон, підсилення, гармонічний режим, анатомічні особливості та рух пацієнта. Характерним є спекл-шум, який має структуровану природу і не може беззастережно усуватися звичайним згладжуванням: надмірна фільтрація руйнує слабо виражену межу ендокарда. Частина контуру може бути закрита тінню від ребер або легеневої тканини. Крім того, серце рухається, а датчик може зміщуватися під час запису. Це вимагає від алгоритму враховувати не тільки яскравість пікселів, а й просторову форму, часову узгодженість та фізіологічну правдоподібність.

Стандартне дослідження містить парастернальні, апікальні та субкостальні проєкції. У межах однієї категорії можливі різні кути нахилу площини, масштаб і ступінь обрізання структур. Помилка класифікації проєкції небезпечна тим, що наступний модуль може застосувати невідповідну модель сегментації або формулу. Тому доцільно використовувати ієрархічну класифікацію: спочатку відокремлювати В-режим, М-режим, кольоровий і спектральний доплер, далі визначати анатомічне вікно, а потім конкретний стандартний вид. Клас «невизначено» є необхідною складовою безпечної системи, оскільки примусове віднесення нетипового кадру до одного з відомих класів створює хибну впевненість.

Відеопетля містить корисну часову інформацію. Зміна площі порожнини шлуночка, рух клапанів і товщини стінок формують квазіперіодичний сигнал. Проте число кадрів у циклі залежить від частоти серцевих скорочень і частоти дискретизації відео; за аритмії тривалість циклів змінюється. Електрокардіографічна мітка, якщо вона доступна, допомагає синхронізувати аналіз, але система повинна працювати й без неї. Для цього можна використовувати часовий ряд площі сегментованої порожнини або ознаки руху, знайдені нейронною мережею. Кінцева діастола відповідає максимуму об'єму, а кінцева систола – мінімуму, проте короткі артефакти не повинні сприйматися як фізіологічні екстремуми. Потрібні згладжування, обмеження допустимої тривалості циклу та перевірка узгодженості сусідніх скорочень.

DICOM-файл містить піксельні дані й метадані про дослідження, апарат, часові параметри та інколи персональні відомості. Перед використанням даних у науковій роботі необхідно провести анонімізацію, не руйнуючи технічно значущі поля. Текстові написи можуть бути «вплавлені» у зображення, тому видалення лише DICOM-тегів недостатнє. Водночас грубе обрізання здатне видалити частину сектору сканування. Маску області ультразвуку доцільно визначати автоматично, а всі правила перетворення – фіксувати, щоб навчальний і робочий конвеєри були ідентичними.

Розглянемо методи комп'ютерного зору. Початковим етапом є оцінювання якості. Модель може прогнозувати інтегральний бал або окремі компоненти: повноту візуалізації, правильність центрування, наявність верхівки, контраст межі ендокарда та стабільність відео. Практично кориснішим є не тільки повідомлення «низька якість», а й підказка, як змінити положення датчика. Для навчання потрібні узгоджені критерії експертної розмітки.

Для класифікації проєкцій використовують двовимірні згорткові мережі, які обробляють окремі кадри, або відеомоделі, що агрегують інформацію в часі. Покадровий підхід простіший і швидший, але чутливий до випадково неінформативного кадру. Усереднення прогнозів кількох кадрів підвищує стійкість. Тривимірні згортки одночасно обробляють просторові та часові виміри, проте потребують більше пам'яті та даних. Альтернативою є виділення ознак двовимірною мережею з подальшим їх аналізом рекурентною мережею, часовою згорткою або трансформером.

Механізм уваги може зосереджуватися на інформативних кадрах, але його візуалізацію не слід автоматично вважати повним клінічним поясненням.

Сегментація перетворює кадр на маску лівого або правого шлуночка, передсердя чи міокарда. U-Net поєднує стискальний шлях, що формує семантичні ознаки, і відновлювальний шлях із пропусковими з'єднаннями, які повертають просторові деталі. Для нечітких меж корисні функції втрат, що поєднують піксельну крос-ентропію з Dice-компонентом. Якщо позитивний клас займає невелику частину кадру, звичайна точність за пікселями вводить в оману: модель, що переважно прогнозує фон, може мати високе значення. Коефіцієнт Dice визначають як $D = 2|P \cap G| / (|P| + |G|)$, де P – прогнозована, а G – еталонна множина пікселів. Для клінічної інтерпретації додатково оцінюють відстань між контурами, помилку площі, об'єму. Часова узгодженість є принциповою. Незалежна сегментація кожного кадру може спричинити тремтіння контуру. Його зменшують за допомогою оптичного потоку, рекурентних зв'язків, часових функцій втрат або спільної обробки фрагмента відео. Фізіологічні обмеження можуть штрафувати раптові нефізіологічні стрибки площі, самоперетин контуру чи появу ізольованих компонентів.

Проте сильне згладжування приховує реальні швидкі зміни, тому параметри повинні враховувати частоту кадрів і ритм пацієнта.

Після сегментації обчислюють площу й довжину порожнини, а об'єм визначають за модифікованим методом Сімпсона в апікальних дво- та чотирикамерних проєкціях або за іншою валідованою геометричною моделлю.

Безпосереднє прогнозування фракції викиду з відео може доповнювати геометричний розрахунок.

Відеомодель здатна врахувати глобальну динаміку та дані всіх кадрів, тоді як сегментаційний підхід є прозорішим. Доцільна гібридна схема: незалежні оцінки порівнюються, а велика розбіжність активує попередження. Такий принцип внутрішнього контролю не гарантує правильність, але допомагає виявляти випадки поза розподілом або помилки попередньої обробки.

Для оцінювання локальної скоротливості лівий шлуночок ділять на анатомічні сегменти й аналізують рух та потовщення стінок. Задача складніша за визначення глобальної фракції викиду, оскільки потребує стабільного відстеження конкретних ділянок протягом циклу й коректної анатомічної орієнтації. Можливі підходи на основі оптичного потоку, деформаційної реєстрації, спекл-трекінгу й мереж, що прогнозують карти руху.

Трансформерні архітектури моделюють далекі залежності між ділянками кадру або моментами часу. Вони перспективні для поєднання кількох проєкцій і модальностей, але їх застосування не усуває проблему обмеженої вибірки. Самонавчання дає змогу попередньо навчити представлення на великій кількості нерозмічених відео, наприклад відновлювати приховані фрагменти чи зіставляти різні кадри одного циклу, а потім донавчити модель на меншій експертно розміченій вибірці. Напівконтрольовані методи використовують псевдомітки, однак помилки в них можуть самопідсилюватися, тому потрібні поріг упевненості та перевірка

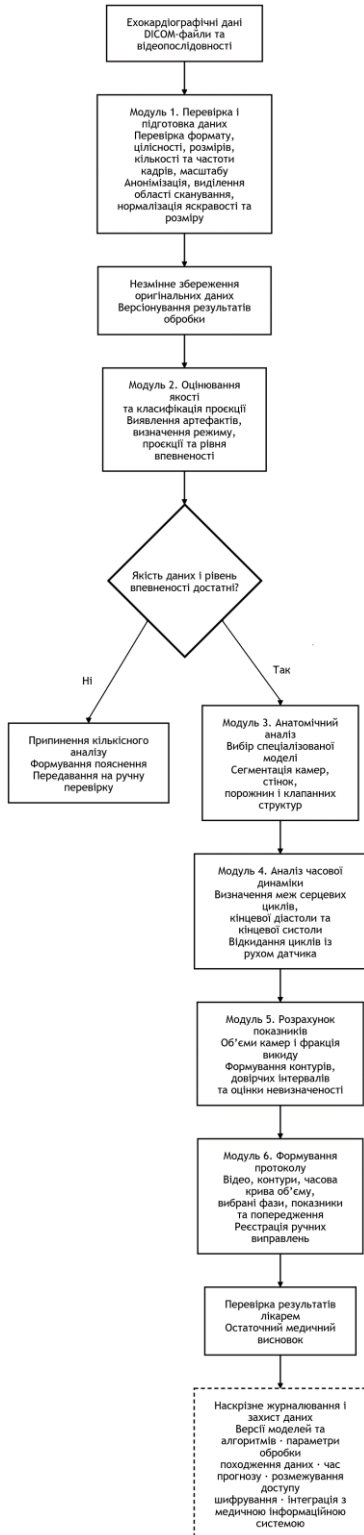


Рис. 1. Структура інформаційної технології

на незалежному наборі. Інформаційну технологію доцільно будувати як модульний конвеєр. На вході система приймає DICOM-дослідження або відео з перевіреним зв'язком із дослідженням. Перший модуль (рис. 1) перевіряє формат, цілісність, розміри, кількість кадрів, частоту кадрів і наявність масштабу. Далі виконується анонімізація, виділення області сканування, перетворення до єдиного діапазону яскравості та нормалізація просторового розміру. Оригінал має зберігатися незмінним, а всі похідні дані – мати контрольовану версію алгоритму обробки.

Другий модуль оцінює технічну якість і виявляє грубі артефакти. Якщо дані не відповідають мінімальним вимогам, система припиняє кількісне оцінювання та формує пояснення. Якщо якість достатня, класифікатор визначає режим і проєкцію. Для відео остаточний клас отримують шляхом часової агрегації, а показник упевненості калібрують на валідаційній вибірці.

Третій модуль обирає спеціалізований анатомічний аналізатор. Для апікальної чотирикамерної проєкції він сегментує лівий і правий шлуночки та передсердя, для двокамерної – лівий шлуночок і передсердя, а для парастернальної довгої осі – відповідні стінки, порожнини й клапанні структури. Спеціалізація полегшує навчання та дає змогу застосовувати проєкційно-залежні правила контролю. Водночас спільний backbone може зменшити обчислювальні витрати/

Четвертий модуль аналізує часову динаміку. За зміною площі та латентних ознак він знаходить межі серцевих циклів, кінцеву діастолу і кінцеву систолу, відкидає цикли з істотним рухом датчика та формує репрезентативну оцінку. За синусового ритму можна агрегувати кілька циклів, використовуючи медіану. За фібриляції передсердь необхідний окремий протокол вибору циклів, оскільки варіабельність є клінічною характеристикою, а не випадковим шумом.

П'ятий модуль розраховує морфометричні й функціональні показники. Значення мають супроводжуватися візуальним контуром, номерами використаних кадрів і довірчим інтервалом або іншим показником невизначеності. Невизначеність можна оцінювати ансамблем моделей, стохастичними проходками чи окремою мережею прогнозування похибки.

Шостий модуль формує структурований протокол і взаємодіє з лікарем. Інтерфейс повинен показувати оригінальне відео, синхронізований контур, часову криву об'єму, вибрані кінцеві фази, обчислені значення та попередження. Будь-яке ручне виправлення слід реєструвати, а не приховано перезаписувати. Такі дані допоможуть виявляти систематичні помилки та планувати повторне навчання. Остаточний медичний висновок підтверджує уповноважений фахівець.

Модульна архітектура забезпечує простежуваність. Якщо помилковий результат спричинений неправильною класифікацією проєкції, це можна відокремити від похибки сегментації. Версії моделі, параметри попередньої обробки, апаратне походження даних і час прогнозу повинні зберігатися в журналі. Для інтеграції з медичною інформаційною системою доцільно використовувати стандартні формати обміну, розмежування доступу й шифрування. Програмна реалізація може працювати локально в захищеній мережі закладу або на сервері, якщо забезпечено правові підстави та захист передавання даних.

Якість моделі визначається не тільки архітектурою, а насамперед репрезентативністю даних. Вибірка має охоплювати різні вікові групи, стать, будову тіла, ритми, патології, ступені тяжкості, моделі обладнання та клінічні підрозділи. Якщо тренувальні дані містять переважно нормальні дослідження з високою якістю, система може бути безпорадною саме у складних випадках.

Розподіляти дані слід на рівні пацієнта, а не кадру. Якщо кадри або відеопетлі одного пацієнта потрапляють і до навчальної, і до тестової частини, метрики будуть штучно завищені. Для зовнішнього тестування бажані дані іншої установи та іншого обладнання. Часовий тест, у якому модель перевіряють на пізніших дослідженнях, допомагає оцінити стійкість до змін протоколів. Проспективна валідація потрібна для визначення впливу на робочий процес, часу виконання, кількості виправлень і клінічних рішень.

Розмітка повинна містити чіткі інструкції: де проводити контур поблизу трабекул, як визначати мітральне кільце, чи включати папілярні м'язи, який кадр вважати кінцевою фазою. Частина випадків мають незалежно розмітити кілька експертів. Це дає змогу оцінити межу відтворюваності та не вимагати від моделі збігу з одним спостерігачем там, де клінічно існує неоднозначність. Для складних випадків корисний консенсус або арбітраж.

Аугментація збільшує різноманітність шляхом невеликих поворотів, масштабування, зміни яскравості, імітації шуму та часової вибірки. Перетворення мають бути фізіологічно правдоподібними. Наприклад, горизонтальне віддзеркалення може змінити анатомічну орієнтацію і не завжди допустиме. Надмірна аугментація створює зображення, яких не буває в практиці. Під час навчання необхідно контролювати окремі складові втрат, метрики на валідації та калібрування, а не вибирати модель лише за мінімальною навчальною похибкою.

Для захисту приватності можливе федеративне навчання, за якого дані залишаються в клініках, а обмінюються оновлення моделей. Однак воно не є автоматичною гарантією конфіденційності та якості: параметри можуть містити витік інформації, а різні центри мають неоднорідні дані. Потрібні захищене агрегування, контроль доступу, аудит і методи роботи з неідентично розподіленими вибірками.

Ефективність необхідно оцінювати на кількох рівнях. Для класифікації проєкцій використовують точність, чутливість, специфічність, F1-міру та матрицю помилок. За незбалансованих класів макроусереднена F1-міра інформативніша за загальну точність. Окремо слід виміряти частку випадків, у яких система відмовилася від прогнозу, і точність серед прийнятих випадків. Крива «покриття – ризик» показує, наскільки зменшується помилка, коли система спрямовує невпевнені приклади лікаря.

Для сегментації застосовують Dice, Jaccard, середню відстань до поверхні та відстань Гаусдорфа. Але клінічним результатом є не маска, а вимірювання, тому необхідні середня абсолютна похибка об'ємів і фракції викиду, кореляція, аналіз Бленда-Альтмана та частка випадків із клінічно значущим відхиленням. Висока кореляція не виключає систематичного зміщення: алгоритм може добре відтворювати порядок значень, але стабільно завищувати їх. Аналіз Бленда-Альтмана показує середню різницю й межі узгодженості.

Порівнювати систему треба не лише з одним експертним значенням, а з варіативністю між фахівцями. Якщо похибка моделі відповідає міжспостерігачевій мінливості, це важливий результат, але він не означає взаємозамінність у всіх підгрупах. Окремо аналізують нормальну та знижену фракцію викиду, погану якість візуалізації, тахікардію, аритмію, виражені ремоделювання й рідкісні патології.

Найближчою до широкого використання є автоматизація рутинних вимірювань. Після отримання стандартної проєкції система може запропонувати контур, вибрати фази, розрахувати об'єми та фракцію викиду, а фахівець перевіряє результат. Це зменшує кількість ручних операцій і створює єдиний підхід до повторних досліджень. Під час моніторингу серцевої недостатності або кардіотоксичності лікування особливо важливо відрізнити реальну динаміку від варіативності вимірювання.

Другий сценарій – підтримка отримання зображення. Модель у реальному часі визначає, наскільки поточна площа відповідає стандартній, і підказує напрям переміщення або нахилу датчика. Це може розширити застосування портативного ультразвуку в невідкладній допомозі, віддалених регіонах і навчанні. Третій сценарій – автоматичне сортування та пріоритизація. Система знаходить дослідження з імовірно вираженим зниженням функції, дилатацією камер чи іншою критичною ознакою і піднімає їх у черзі на перегляд. Такий механізм має оптимізувати час реакції, але не відкладати інші дослідження небезпечно довго. Потрібен контроль порогів і журналювання.

Четвертий сценарій – телемедицина. Віддалений фахівець може отримати структуровані дані, відеопетлі, автоматичні контури та показники якості, а не лише статичні знімки. Комп'ютерний зір допомагає стандартизувати матеріал до передачі та виявити, що необхідно дозяти, поки пацієнт ще перебуває біля апарата. Це зменшує ризик повторного візиту. П'ятий сценарій – наукові реєстри та популяційні дослідження. Автоматична обробка великих архівів дає змогу кількісно описувати фенотипи серця, вивчати траєкторії змін і шукати нові асоціації.

Запропонована структура інформаційної технології передбачає послідовне виконання контролю даних, оцінювання якості, класифікації проєкції, проєкційно-залежної сегментації, просторово-часового аналізу, розрахунку показників, оцінювання невизначеності та формування перевірюваного звіту. Її властивостями є модульність, простежуваність, можливість ручної корекції та відмова від прогнозу за недостатньої надійності.

1. Madani A., Ong J. R., Tibrewal A., Mofrad M. R. K. Deep echocardiography: data-efficient supervised and semi-supervised deep learning towards automated diagnosis of cardiac disease. *npj Digital Medicine*. 2018. Vol. 1. Article 59. DOI: 10.1038/s41746-018-0065-x.
2. Zhang J. et al. Fully automated echocardiogram interpretation in clinical practice. *Circulation*. 2018. Vol. 138, No. 16. P. 1623-1635. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034338.
3. Leclerc S. et al. Deep learning for segmentation using an open large-scale dataset in 2D echocardiography. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2019. Vol. 38, No. 9. P. 2198-2210. DOI: 10.1109/TMI.2019.2900516.
4. Ouyang D. et al. Video-based AI for beat-to-beat assessment of cardiac function. *Nature*. 2020. Vol. 580. P. 252–256. DOI: 10.1038/s41586-020-2145-8.
5. He B. et al. Blinded, randomized trial of sonographer versus AI cardiac function assessment. *Nature*. 2023. Vol. 616. P. 520–524. DOI: 10.1038/s41586-023-05947-3.
6. Dey D. et al. Artificial intelligence in cardiovascular imaging: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*. 2019. Vol. 73, No. 11. P. 1317–1335. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.12.054.
7. Litjens G. et al. A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*. 2017. Vol. 42. P. 60–88. DOI: 10.1016/j.media.2017.07.005.
8. Akkus Z. et al. A survey of deep-learning applications in ultrasound: artificial intelligence-powered ultrasound for improving clinical workflow. *Journal of the American College of Radiology*. 2019. Vol. 16, No. 9. P. 1318-1328. DOI: 10.1016/j.jacr.2019.06.004.
9. Salte I. M. et al. Artificial intelligence for automatic measurement of left ventricular strain in echocardiography. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2021. Vol. 14, No. 10. P. 1918-1928. DOI: 10.1016/j.jcmg.2021.04.018.
10. British Society of Echocardiography. Artificial intelligence in echocardiography: a position statement. *Echo Research and Practice*. 2026.

НОВИЙ КУРС • WWW.NEWROUTE.ORG.UA
НАНМ УКРАЇНИ • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/NANMU
ISCU «PROTON GLOBAL» • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/PROTON

Наукове видання

КРЕАТИВНИЙ ПРОСТІР™

№ 44

Науковий журнал

ISSN 2710-1177 (online)

DOI: 10.61718/crp

Видання змішаними мовами

Відповідальний секретар – Кучина Т. І.

Формат 60x90 1/8, A4, Гарнітура «Times New Roman»

Авторські аркуші – 3,6

Creative Commons Attribution License (CC BY)

ОБИРАЙТЕ ПЕРШИХ! ДОВІРЯЙТЕ СПРАВЖНІМ! ЦІНУЙТЕ УНІКАЛЬНІСТЬ!

Видавець СГ НТМ «Новий курс»

Наукова установа

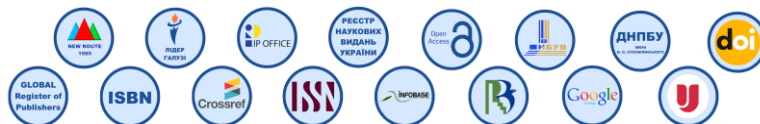
Пр. Перемоги, 77, оф. 179, м. Харків, 61174, Україна

Тел.: +380500301905

Telegram, Viber: +380970440309

www.newroute.org.ua, info@newroute.org.ua

Свідectво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 8013 від 22.11.2023
Зареєстровано у Global Register of Publishers
Зареєстровано у Crossref із власним префіксом 10.61718



Приєднуйтесь

Підписка <http://surl.li/vvfqkp>

Фейсбук-сторінка www.facebook.com/newroute1989

Телеграм <https://t.me/newroute1989>

Інстаграм www.instagram.com/newroute1989

Вайбер <http://surl.li/nbtqz>

Фейсбук-група www.facebook.com/groups/secnr

Будемо раді подальшій співпраці!