

Романюк О.Н.¹,
Завальнюк Є. К.¹,
Тітова Н.В.²,
Романюк С.О.²

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ

¹Вінницький національний технічний університет, ²Національний університет «Одеська політехніка»

Анотація

У роботі проаналізовано програмні засоби для діагностування захворювань

Ключові слова: *діагностика, медичні зображення, інтелектуальні чат-боти, телемедицина*

Програмне забезпечення [1-8], призначене для діагностики захворювань, відіграє важливу роль у сучасній медичній практиці, забезпечуючи підвищення точності, оперативності та загальної ефективності встановлення клінічних діагнозів. Його функціонування базується на використанні алгоритмів штучного інтелекту, статистичних методів, технологій машинного навчання та експертних систем. Ці інструменти знаходять застосування в найрізноманітніших галузях медицини — від попереднього скринінгу до складного аналізу медичних зображень і генетичних даних.

Одним із найрозповсюдженіших типів таких систем є програми підтримки клінічного прийняття рішень, які працюють з електронними медичними записами (ЕМЗ) пацієнтів, генеруючи рекомендації щодо потенційних діагнозів, додаткових досліджень або терапевтичних заходів. До прикладів таких систем належать UpToDate [9], Isabel, DXplain [10], які вже активно впроваджені у практику лікарів.

Ще однією важливою категорією є програмні рішення для аналізу медичних зображень (КТ, МРТ, рентгенографія, УЗД). Такі системи, що часто використовують глибоке навчання, здатні автоматично ідентифікувати патології, як-от новоутворення, ішемічні ураження чи переломи. Прикладами таких рішень є IBM Watson Health, Aidoc [11], Zebra Medical Vision, які демонструють високу ефективність у радіологічній практиці.

Все більшого поширення набувають мобільні додатки в сфері охорони здоров'я (mobile health або mHealth), які дозволяють користувачам проводити самостійну діагностику, контролювати життєво важливі показники (частоту серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень глюкози тощо) і передавати дані лікарю у режимі реального часу. Серед таких застосунків виділяються Ada Health, Babylon Health, SkinVision, здатні розпізнавати симптоматику і формулювати попередні висновки.

Крім того, активно розвиваються платформи геномного аналізу, такі як 23andMe Health і Illumina BaseSpace, які використовуються для інтерпретації генетичної інформації з метою виявлення ризиків спадкових хвороб.

На рівні медичних установ застосовуються інтегровані інформаційні системи, які об'єднують дані пацієнтів, результати обстежень, зображення та історії хвороб. Прикладом є Epic Systems, Cerner, Meditech, які мають модулі для автоматизованого аналізу клінічних даних.

Отже, програмні засоби для діагностики — це багаторівнева екосистема, що охоплює як інструменти для лікарів, так і рішення для пацієнтів. Їх застосування сприяє персоналізації медицини, зменшенню кількості помилкових діагнозів і покращенню загальної якості медичного обслуговування.

Подальший розвиток програмних засобів для діагностування захворювань тісно пов'язаний із впровадженням штучного інтелекту, великих даних та інтернету медичних речей (ІоМТ). ШІ здатен не лише обробляти великі обсяги клінічної інформації, але й виявляти приховані кореляції, які недоступні при традиційному аналізі. Наприклад, сучасні нейронні мережі здатні

з високою точністю діагностувати діабетичну ретинопатію, меланому, пневмонію, COVID-19 за даними рентген-знімків легень або офтальмологічних фото.

У сфері телемедицини все частіше впроваджуються програмні засоби, що дозволяють віддалено діагностувати пацієнтів. Вони включають відеоконсультації, автоматизовану інтерпретацію даних з медичних пристроїв (глюкометри, тонометри, ЕКГ-монітори), а також інтеграцію з системами електронного здоров'я. Застосунки типу TytoCare, KardiaMobile, AliveCor здатні передавати у хмару дані електрокардіограми, які аналізуються в реальному часі, а висновки автоматично надсилаються лікарю.

Особливу роль у майбутньому відіграватимуть інтелектуальні чат-боти, що діють як віртуальні асистенти лікаря. Такі системи вже здатні проводити попередній аналіз симптомів, надавати рекомендації щодо подальших дій або направлення до фахівця. Наприклад, чат-боти Infermedica [12], Buoy Health, Sensely демонструють здатність до обробки складних клінічних сценаріїв на основі лінгвістичного аналізу скарг пацієнта.

Не менш важливою є сфера аналітики ризиків та прогнозування. Програмні системи можуть на основі ретроспективних даних передбачити ймовірність виникнення ускладнень, госпіталізації чи розвитку хронічної патології. Такі моделі, реалізовані у платформах Health Catalyst [13], Oracle Cerner, Google Health, сприяють ранньому втручанню та попередженню критичних станів.

У контексті української медицини також відбувається поступова інтеграція подібних рішень. Зокрема, електронна система охорони здоров'я eHealth отримує модулі з автоматизованою перевіркою даних, аналізом призначень і взаємодій препаратів. Вітчизняні розробки, як-от Medcard24, Health24, демонструють приклади локальних систем, які адаптовані до потреб лікарів первинної ланки.

У найближчій перспективі програмні засоби для діагностування захворювань все більше інтегруватимуться у персоналізовану медицину, яка базується на індивідуальних особливостях пацієнта — генетичній інформації, анамнезі, способі життя та поведінкових чинниках. Завдяки біоінформатиці та машинному навчанню створюються моделі, які прогнозують ймовірність виникнення конкретних хвороб, а також оптимізують терапевтичні рішення. Наприклад, у галузі онкології активно застосовуються програмні платформи, що аналізують результати секвенування ДНК пухлин для підбору таргетної терапії (наприклад, Foundation Medicine або Tempus).

Також активно розвивається напрямок кібербезпеки медичних систем, що є важливим у контексті цифрової медицини. Адже програмні засоби працюють із конфіденційними медичними даними, і збереження їхньої цілісності та недоступності для сторонніх є пріоритетом. Для цього впроваджуються захищені протоколи передачі даних, системи багаторівневої аутентифікації, шифрування та блокчейн-рішення у медичних реєстрах.

Значну роль у розвитку програмних засобів відіграє також медичний інтернет речей (IoMT). Різноманітні датчики, імплантовані пристрої та носимі гаджети постійно генерують великі обсяги біомедичних даних, які передаються в хмарні сервіси для обробки. Програмне забезпечення на цих сервісах аналізує в реальному часі стан пацієнта, попереджає про критичні зміни та автоматично викликає медичну допомогу. Зокрема, компанії Philips, Medtronic, GE Healthcare пропонують комплексні IoMT-рішення для моніторингу хворих на дому або в умовах стаціонару.

Варто окремо згадати навчальні та симуляційні програмні комплекси, які застосовуються в підготовці медичних кадрів. Ці системи моделюють різноманітні клінічні ситуації, дозволяють студентам і лікарям відпрацьовувати діагностичні навички у віртуальному середовищі без ризику для реальних пацієнтів. Наприклад, платформи Body Interact, Shadow Health, Laerdal Medical поєднують інтерактивні симуляції з елементами діагностики та лікування.

Окрім цього, зростає роль відкритих платформ для розробників медичних додатків, таких як FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) [14] — сучасний стандарт обміну медичною інформацією. Завдяки цим платформам нові програмні продукти легко інтегруються у вже наявну інфраструктуру закладів охорони здоров'я, забезпечуючи масштабованість і взаємодію між системами.

Сьогодні програмні засоби для діагностування захворювань перетворюються на важливий елемент цифрової трансформації медицини. Їхній розвиток спрямований на підвищення якості

медичних послуг, зменшення людського фактору, забезпечення безперервного моніторингу здоров'я та створення умови для запровадження превентивної моделі охорони здоров'я, у якій хворобам легше запобігти, ніж лікувати.

У подальшому розвитку програмних засобів для діагностування захворювань важливу роль відіграватиме міжнародна стандартизація та інтероперабельність, адже ефективність цифрової медицини багато в чому залежить від здатності різних систем обмінюватися клінічними даними у єдиному форматі. Саме тому в усьому світі впроваджуються стандарти HL7, FHIR, DICOM, SNOMED CT, які дозволяють різноманітним діагностичним програмам і електронним медичним карткам узгоджено працювати між собою, зберігаючи точність і повноту медичної інформації.

Крім того, набирає обертів участь пацієнта у процесі діагностики, що реалізується через портали персонального здоров'я (Personal Health Records, PHR). Такі системи дозволяють людині самостійно вводити дані про своє самопочуття, симптоми, результати домашніх вимірювань або носимих пристроїв. Деякі платформи вже забезпечують автоматичний аналіз цих даних з наданням висновків про стан здоров'я. Це, у свою чергу, посилює тенденцію до пацієнтоцентричної моделі медицини.

Також дедалі активніше впроваджуються моделі діагностики на базі відкритого коду, які дозволяють науковцям і лікарям адаптувати алгоритми під конкретні медичні умови. Прикладом є платформи OpenMRS, GNU Health, OHDSI Atlas, які забезпечують як облік медичних даних, так і створення моделей прогнозування захворювань. Вони мають перевагу в умовах обмежених ресурсів, а також дають можливість залучати дослідницьке середовище до вдосконалення алгоритмів діагностики.

У рамках глобальних ініціатив, як-от Precision Medicine Initiative, , European Health Data Space, відбувається формування великих міжнародних медичних баз даних, які використовуються для навчання та тестування програмних засобів діагностики. Це дозволяє підвищити надійність алгоритмів, зробити їх менш залежними від конкретної популяції пацієнтів і розширити сферу застосування.

Ще один перспективний напрямок — використання когнітивних обчислень, які імітують процеси мислення лікаря, аналізуючи як структуровану (результати аналізів), так і неструктуровану інформацію (медичні записи, статті, публікації). Такі системи, як IBM Watson for Oncology, здійснюють глибокий аналіз клінічної ситуації, порівнюють її з аналогічними випадками в міжнародній практиці та надають аргументовані рекомендації.

Не можна оминати й розвиток переддіагностичних скринінгових систем, які впроваджуються на рівні популяції. Наприклад, автоматизовані системи контролю зору, слуху, стану серцево-судинної системи чи онкоскринінгу стали частиною державних програм профілактики в багатьох країнах.

Отже, майбутнє програмних засобів діагностики полягає в їхньому повному інтегруванні в медичну практику — від самодіагностики та мобільного моніторингу до допомоги лікареві у складних клінічних рішеннях. Їхня ефективність зростатиме завдяки більшій доступності даних, співпраці між країнами, поширенню відкритих технологій і впровадженню регуляторних стандартів, що гарантують безпеку й достовірність діагностичних висновків.

Важливою умовою ефективного впровадження програмних засобів для діагностування захворювань є правове та етичне регулювання їхнього застосування, адже медичне програмне забезпечення несе потенційні ризики для здоров'я та життя пацієнтів. У зв'язку з цим у багатьох країнах, зокрема в ЄС, США, Канаді, Японії, розроблені системи сертифікації таких програм як медичних виробів (наприклад, відповідно до стандартів FDA, CE, ISO 13485). У цьому контексті програма, яка виконує діагностичні функції або надає терапевтичні рекомендації, прирівнюється до медичного пристрою й підлягає клінічному випробуванню, аудиту, перевірці на безпеку та точність.

Однією з етичних проблем залишається відповідальність за медичне рішення, яке було частково або повністю прийняте за участю програмного засобу. Постає питання: хто відповідальний у разі помилкового діагнозу — лікар, розробник ПЗ чи виробник обладнання? Тому важливо впроваджувати механізми прозорості, інтерпретованості ШІ-рішень та чітких меж між допоміжною функцією ПЗ і остаточним медичним рішенням лікаря.

Успішне застосування програмних засобів у діагностиці також потребує навчання

медичного персоналу. Лікарі мають не лише вміти використовувати сучасні цифрові платформи, але й критично оцінювати отримані результати, враховуючи клінічний контекст. У зв'язку з цим медичні ВНЗ світу, зокрема в Україні, поступово впроваджують у навчальні програми дисципліни з медичної інформатики, цифрової діагностики, біостатистики та основ машинного навчання в медицині.

Водночас прогрес у цій галузі зумовлює появу нових спеціальностей на перетині ІТ та медицини, таких як медичний дата-аналітик, клінічний інформатик, біоінженер-розробник діагностичних алгоритмів. Їхня роль полягає у створенні, перевірці, впровадженні та моніторингу ефективності програмного забезпечення в умовах реальної клініки.

Щодо національного контексту, в Україні поступово зростає зацікавленість до впровадження програмних рішень у сфері діагностики, особливо після розвитку системи eHealth та переходу на цифровий документообіг. Українські стартапи, як-от Dr. Eleks, Medstar, Health24, працюють над розробкою систем ЕМЗ з інтегрованими алгоритмами аналізу даних. Крім того, на базі українських науково-медичних інститутів проводяться розробки систем для аналізу кардіограм, ультразвукових зображень та діагностики легеневих захворювань із використанням глибокого навчання.

Таким чином, подальша еволюція програмних засобів для діагностування захворювань визначатиметься не лише технічними інноваціями, але й інституційною підтримкою, розробкою законодавчих рамок, міжнародною кооперацією, а також готовністю медичної спільноти інтегрувати цифрові інструменти в повсякденну практику. Збалансований розвиток усіх цих складових забезпечить не лише покращення якості діагностики, але й підвищення доступності медичних послуг, зниження витрат на лікування та загальне зростання рівня здоров'я населення.

У перспективі розвитку програмних засобів для діагностування захворювань дедалі більшої ваги набуватиме глобальна колаборація у сфері медичних даних. Ініціативи типу Global Alliance for Genomics and Health (GA4GH) [15], International Cancer Genome Consortium, а також європейський проєкт *1+Million Genomes* створюють передумови для об'єднання великих масивів клінічної, геномної та біомедичної інформації з усього світу. Участь у подібних мережах дозволяє розробникам діагностичних програм тренувати свої алгоритми на найбільш репрезентативних, мультиетнічних і стандартизованих наборах даних, що суттєво підвищує точність та універсальність систем.

Крім цього, важливим напрямом є розвиток адаптивних та самонавчальних систем, які на основі накопичених даних автоматично коригують свої діагностичні моделі. Наприклад, система може виявити, що в певному регіоні спостерігається новий штам вірусу або зміна клінічного перебігу захворювання, і оперативно адаптувати свої припущення та ризик-моделі відповідно до локального контексту. Такі платформи вже тестуються для раннього виявлення інфекційних спалахів, моніторингу мутацій збудників, та навіть еволюційного аналізу ракових клітин у процесі терапії.

Окремий сегмент — це віртуальні медичні асистенти, які у майбутньому будуть не лише доповненням до діагностики, а й зможуть вести тривале спостереження за хронічними пацієнтами, зберігаючи контекст захворювання. Такі системи здатні аналізувати довгострокову динаміку даних, оцінювати ефективність терапії та попереджати лікаря про можливе загострення або побічні ефекти. У поєднанні з програмами мобільного здоров'я, ці рішення дозволяють створити персонального віртуального лікаря, доступного цілодобово, який слідкує за показниками, поведінкою, харчуванням і режимом сну користувача.

На рівні держав і систем охорони здоров'я все більше застосовується предиктивна аналітика для планування ресурсів — завдяки діагностичному ПЗ, яке здатне прогнозувати хвилі захворюваності, госпіталізації, навантаження на клініки, або потребу у специфічних фахівцях. Це дозволяє заздалегідь адаптувати кадрову політику, розподіл медикаментів, логістику, інфраструктуру клінік.

У зв'язку з бурхливим розвитком квантових обчислень, у майбутньому можливе створення квантово-оптимізованих діагностичних систем, здатних вирішувати складні біомедичні моделі (наприклад, молекулярні взаємодії, змінні конфігурації білків, предикція ефекту ліків) з використанням квантових алгоритмів, які недосяжні для класичних комп'ютерів.

На завершення варто підкреслити, що майбутнє діагностичних програмних засобів — це

синергія людини і машини, де комп'ютерні системи не замінюють лікаря, а доповнюють його здатності, допомагаючи приймати обґрунтовані, швидкі та персоналізовані рішення. У такій моделі медицини лікар стає аналітиком складної інформації, координатором дій пацієнта і стратегом лікування, а програмні засоби забезпечують точність, обсяг обробки даних і безперервність діагностичного процесу.

Таким чином, програмні засоби для діагностики не лише трансформують медицину, а й формують новий етап її розвитку — епоху інтелектуальної, предиктивної та превентивної охорони здоров'я, в якій захворювання виявляються ще до появи симптомів, а лікування — починається до того, як настане ускладнення.

В Україні існує ряд сучасних програмних засобів, що використовуються для діагностування захворювань і інтегруються в єдину електронну систему охорони здоров'я. Найпоширенішими є медичні інформаційні системи (МІС), які забезпечують автоматизацію ведення електронної медичної документації, зокрема електронних медичних карток, рецептів, направлень та висновків. Такі системи, як EMCIMED [16], Asker.net, Clinica Web [17] та МедІнфоСервіс [18], є затвердженими Міністерством охорони здоров'я України та сумісними з електронною системою eHealth. Вони використовуються як у державних, так і в приватних медичних установах і дозволяють лікарям швидко отримувати доступ до анамнезу пацієнта, вносити результати оглядів та отримувати попередні рекомендації на основі стандартів доказової медицини.

Окрім загального обліку, деякі медичні заклади в Україні впровадили спеціалізовані програмні модулі для скринінгу та ранньої діагностики. Серед них — комплексні діагностичні програми "Body check", "Онконастороженість", "Серцево-судинний ризик", "Репродуктивне здоров'я жінки", що спрямовані на виявлення захворювань ще до появи клінічних симптомів. Такі рішення, як правило, поєднують анкетування, біохімічні тести та інструментальні обстеження, результати яких обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Також в Україні ведуться наукові дослідження в галузі створення інтелектуальних діагностичних систем. Наприклад, на базі Національного технічного університету України "КПІ імені Ігоря Сікорського" розроблено програмний комплекс для ранньої діагностики хронічних неврологічних захворювань, що базується на використанні гібридних моделей — зокрема прихованих марковських моделей та лінгвістичного аналізу для виявлення порушень мови як раннього індикатора неврологічної патології. Аналогічні розробки ведуться також в галузі обробки електрокардіограм, ультразвукових зображень і комп'ютерної томографії за допомогою методів машинного навчання.

Важливу роль у стандартизації та централізації даних виконує національна електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ), яка поєднує всі медичні інформаційні системи, що працюють в країні. Через цю платформу лікарі мають доступ до даних пацієнтів незалежно від того, в якому закладі відбувається обслуговування. Це дозволяє забезпечити безперервність медичного нагляду та ефективну взаємодію між різними рівнями медичної допомоги. З розвитком ЕСОЗ з'являються нові модулі, які дозволяють аналізувати ефективність надання медичних послуг, виявляти статистичні закономірності та прогнозувати динаміку захворюваності.

Таким чином, програмні засоби для діагностики в Україні поступово інтегруються в практику охорони здоров'я, забезпечуючи цифрову трансформацію медичних процесів. Вони сприяють точнішій і швидшій постановці діагнозів, дозволяють організувати ефективну профілактику та забезпечують якісну аналітику на основі великих обсягів клінічних даних. Разом із законодавчим супроводом, науковими дослідженнями та освітніми ініціативами, ці інструменти формують підґрунтя для розвитку сучасної персоналізованої медицини в Україні.

Програмні засоби для діагностування стають не лише допоміжним інструментом, а й активним компонентом медичної екосистеми, що орієнтована на точність, швидкість, індивідуалізацію лікування та зменшення навантаження на лікарів. З подальшим розвитком цифрових технологій можна очікувати зростання ролі таких засобів у всіх напрямках охорони здоров'я — від сімейної медицини до високоспеціалізованих галузей, як-от онкологія, кардіологія чи неврологія.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О. Романюк, Є. Завальнюк, Р. Чехмestрук, Н. Тітова, та С. Романюк, “Використання тривимірного моделювання для проведення хірургічних операцій,” у *Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики. Матеріали доповідей та виступів II всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю*, 2023, с. 18–22.
2. D. S. Kermany, M. Goldbaum, W. Cai, et al., “Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning,” *Cell*, vol. 172, no. 5, pp. 1122–1131.e9, Feb. 2018.
3. B. Rajpurkar, J. Irvin, K. Zhu, et al., “CheXNet: Radiologist-level pneumonia detection on chest X-rays with deep learning,” *arXiv preprint arXiv:1711.05225*, 2017.
4. G. D. Clifford, F. Azuaje, and P. E. McSharry, *Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis*, Norwood, MA, USA: Artech House, 2006.
5. M. Esteva, B. Kuprel, R. A. Novoa, et al., “Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks,” *Nature*, vol. 542, no. 7639, pp. 115–118, Feb. 2017.
6. J. D. Kansagara, H. A. Englander, A. Salanitro, et al., “Risk prediction models for hospital readmission: A systematic review,” *JAMA*, vol. 306, no. 15, pp. 1688–1698, Oct. 2011.
7. K. D. Mandl and I. S. Kohane, “Time for a patient-driven health information economy?,” *N. Engl. J. Med.*, vol. 374, no. 3, pp. 205–208, Jan. 2016.
8. E. J. Topol, *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*, New York, NY, USA: Basic Books, 2019.
9. “UpToDate.” UpToDate.com. Accessed: April 24, 2025. [Online.] Available: <https://www.uptodate.com/login>
10. “DXPlain.” mghlcs.com. Accessed: April 24, 2025. [Online.] Available: <https://www.mghlcs.org/projects/dxplain>
11. “Aidoc.” Aidoc.com. Accessed: April 24, 2025. [Online.] Available: <https://www.aidoc.com/eu/>
12. “Infermedica.” InferMedica.com. Accessed: April 24, 2025. [Online.] Available: <https://infermedica.com>
13. “HealthCatalyst.” HealthCatalyst.com. Accessed: April 24, 2025. [Online.] Available: <https://www.healthcatalyst.com/>
14. “FHIR® - Fast Healthcare Interoperability Resources.” HealthIT.gov. Accessed: April 24, 2025. [Online.] Available: <https://ecqi.healthit.gov/fhir>
15. “Global Alliance for Genomics and Health (GA4GH).” ga4gh.org. Accessed: April 24, 2025. [Online.] Available: <https://www.ga4gh.org/>
16. “EMCImed.” EMCI.ua. Accessed: April 24, 2025. [Online.] Available: <https://emci.ua/products/emcimed/>
17. “MIC «Askep.net».” Askep.net. Accessed: April 24, 2025. [Online.] Available: <https://askep.net/>
18. “Найкращий інструмент для автоматизації клініки.” Clinica-web.ua. April 24, 2025. [Online.] Available: <https://www.clinica-web.ua/>

Романюк Олександр Никифорович – д. т. н., професор, завідувач кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, rom8591@gmail.com

Завальнюк Євген Костянтинович – аспірант кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, qq9272627@gmail.com

Тітова Наталія Володимирівна – д. т. н., завідувач кафедри біомедичної інженерії, Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, titova.n.v@op.edu.ua

Романюк Сергій Олександрович – к. т. н., старший викладач кафедри біомедичної інженерії, Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, romaniuk.s.o@op.edu.ua

SOFTWARE FOR DISEASE DIAGNOSTICS

Abstract

The paper analyzes software tools for diagnosing diseases

Keywords: *diagnostics, medical imaging, intelligent chatbots, telemedicine*

Romanyuk Oleksandr N. – doctor of technical sciences, professor, Head of the Software Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, rom8591@gmail.com

Zavalniuk Yevhen K. – postgraduate student of the Software Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, qq9272627@gmail.com

Titova Nataliya V. – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Biomedical Engineering, Odesa Polytechnic National University, Odesa, titova.n.v@op.edu.ua

Romanyuk Sergey O. – candidate of technical sciences, senior lecturer of the Biomedical Engineering Department, Odesa National Polytechnic University, Odesa, romaniuk.s.o@op.edu.ua