

Формування методів та інструментів узагальнення показників для автоматизації приладів відновлювальної медицини постінсультних пацієнтів

О. М. Трунов, В. П. Беглиця, Г. В. Грищенко, В. О. Зюзин, В. В. Кошовий

Розглянуто відновлення постінфарктних і постінсультних пацієнтів, що є актуальним в умовах становлення інституту сімейних лікарів та страхової медицини. Запропоновано для забезпечення процедур, якості життя і зменшення трудовитрат у період довготривалого відновлення впровадити модулі автоматизації приладів відновлення (МАПВ). Обґрунтовано форми представлення моделі інтегрального показника, який відповідно до вимог МОЗ оцінює загальний показник стану (ЗПС) пацієнта і якість медичних послуг та придатний підвищити ефективність стиснення даних. Запропоновано послідовне застосування двох Евклідових норм, що приводить різномірні за своєю фізичною природою показники до обмеженого метричного простору. Встановлено на підставі розвинення у ряд Тейлора, геометричної нерівності та обмеженості простору зв'язок між нижньою та верхньою границями ЗПС, похибкою, шириною вікна ковзання і значеннями похідних. Обґрунтовано модель оцінки ЗПС як нижньої границі і метод формування інформації про її властивості.

Застосовано трирівневий компаратор та введено вектор-індикатор (ВІ) як інформаційне доповнення часового ряду. Продемонстровано додаткові можливості для інтелектуального аналізу. Представлено модель ЗПС через ВІ. На прикладах значень ВІ продемонстровано його застосовність до інтелектуального аналізу ходу відновлення. Відкритість, доступність, прозорість ЗПС і ВІ як інструментів КІТ реалізує принципи публічного адміністрування (ПА) зведенням до кількісного контролю і порівняння при наявності у переліку кількісних та якісних показників. Чисельно досліджено ВІ, вікна ковзання, як інструменти ПА і КІТ у програмному забезпеченні (ПЗ) для діагностичного висновку та корекції перебігу процедур. Продемонстровано на прикладах числового експерименту з ПЗ як сукупне застосування методу обчислення ЗПС і ВІ ефективно впливає на коефіцієнт стиснення інформації збільшуючи його до 60–75 %

Ключові слова: модуль автоматизації, інтегральний показник, вектор-індикатор, безвтратне стиснення, прилади відновлення, публічне адміністрування

1. Вступ

Реабілітаційне відновлення постінфарктних та постінсультних пацієнтів проводиться в умовах кропіткого і уважного діагностичного спостереження та довготривалих реабілітаційних процедур [1]. У зв'язку з цим якість життя у період довготривалого відновлення постінфарктних, постінсультних пацієнтів в умовах віддаленої реабілітації стає одним із напрямів розвитку відновлюваль-

ної медицини [2]. Постановка задач і організація процесу відновлення вимагає від дослідників, адміністраторів та лікарів зосередження на розробці спеціальних модулів. У їх складі є датчики сили, дотику, звуку та оптичних перетворювачів приладів відновлювальної терапії, яка відновлює незалежність і покращує якість життя пацієнта [3]. Разом з тим, перші спроби створення інноваційних приладів відновлення демонструють, що значна частина трудовитрат у процесі відновлення припадає на збір, аналіз, стиснення і протоколювання даних [4]. Передача даних, що персоніфікують корекцію приписів та перебіг процедур відновлення, здійснюється шляхом використання радіоканалів та хмарних і мережевих технологій. Особливо проблема захищеності загострюється в умовах перманентних змін, що притаманні сучасному стану розвитку суспільства. Науково-обґрунтоване становлення інституту сімейних лікарів та страхової медицини [5], разом із впровадженням досягнень комп'ютерно-інтегрованих технологій при реалізації принципів публічного адміністрування (ПА), здатні змінити сутність медицини відновлення. Одним із найважливіших завдань системи охорони здоров'я, особливо сільського населення, на сучасному етапі розвитку є пошук оптимального співвідношення процесів спеціалізації, інтеграції та автоматизації [6]. Науковий пошук відбувається навколо ідеї розщеплення і збудження скорочень м'язів, за даними натягу, набряку, дистонії для відновлення моторики пальців рук та ніг. Дослідження типів сигналу комунікаційного обміну між пацієнтом з вадами, що виникли у наслідок хвороби, та модулями автоматизації процесу відновлення (МАПВ) демонструє значні обсяги інформації, передача якої стає проблематичною [7]. Реалізація ідей інформаційно-безвартного обміну передбачає наявність ефективних алгоритмічних і програмних засобів моніторингу, стиснення та діагностування. Вагомого наукового значення набувають макети дослідних зразків автоматизованих систем (АС) пост-лікувального відновлення в умовах віддаленої реабілітації, що дозволяють обмежити коло доступу до пацієнта. Очікується, що вони за функціями, рівнем інтелектуалізації зроблять відновлювальну терапію постінфарктних, постінсультних пацієнтів більш ефективною.

Особливу роль для ефективної організації процесів функціонування віддаленого медичного відновлення та роботи лікарів і адміністраторів страхової медицини, стануть відігравати науково-обґрунтовані методи ПА. Їх доповнюватимуть інноваційні інструменти автоматизації процесів керування. У структурі пацієнт – сімейний лікар – МАПВ збору параметрів стану пацієнта та процедур відновлення є потреба імплементації принципів відкритості, доступності, інформаційної підготовленості, що і є втіленням принципів ПА. Ефективність їх реалізації, як основних принципів та інструментів ПА, визначатиме також програмне забезпечення (ПЗ) збору, первинної обробки, передачі та зберігання даних моніторингу за допомогою мереж, хмарних сервісів та мережевих серверів, яке і створить умови прозорості, доступності та захищеності.

У зв'язку з цим актуальним для створення МАПВ віддаленого відновлення є пошук наукових основ формування моделі компактного представлення потоку даних єдиним інтегральним показником, формування методу збору, вибір мови та алгоритму стиснення і передачі. Практичним результатом цих досліджень

стане скорочення трудовитрат персоналу та об'єднання різноманітних приладів у єдину АС. Такі функції як забезпечення відкритості, прозорості та доступності у будь яку мить, що регламентовано адміністративним правом, а також наявність розвинених бібліотек ПЗ, сервісів відображення і комунікації здатні імплементувати принципи ПА до означеної сфери діяльності суспільства.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Побудова та застосування у медицині МАПВ відбуватиметься у вигляді інформаційних та відновлювальних систем. Останні проектуватимуться перш за все як такі, що забезпечують права та обов'язки осіб, яким надається реабілітаційна допомога [1].

Однак, параметри контролю обираються на основі показників, що відрізняються для кожної із галузей відновлення та окремо для постінфарктних або постінсультних пацієнтів [2]. Проблема проектанта полягає у тому, що їх перелік визначено стандартами МОЗ [3]. Цей перелік не співпадає із переліком необхідних об'єктивних, метрологічно-обґрунтованих показників, що потрібні для контролю якості медичної допомоги [4]. У зв'язку з цим кількість типів параметрів залежить від типу реабілітаційного відновлення та від структури застосованого устаткування і установи, що надає медичну допомогу. Крім того, за формою представлення параметри слід розділити ще на два типи: кількісні та якісні. В роботі [8], показано, що багатofакторність взаємодії та необмежена кількість чинників характеризує медичну діагностику та реабілітаційне відновлення як одні з видів складного біолого-соціально-економічного процесу. Процес відновлення та оцінки соціально-економічної детермінанти стану здоров'я є швидкоплинним і потребує застосування інтелектуальних інформаційних систем для побудови діагнозу і відновлювального припису і є швидкоплинним [9].

Медико-соціологічна інформація в нових умовах виступає як інструмент управління, у тому числі і якістю медичної допомоги та підлягає аудиту [10]. Про те також свідчать дані публікації, де демонструється ефективність стратегії медичної діагностики, на основі психологічно-функціональних моделей хвороб [11]. Однак одним з недоліків таких систем є ускладнений процес пояснення рішень [11]. Останнє, в умовах потреби прозорості інформації, суттєво перешкоджає розробці і впровадженню МАПВ і є однією із проблем на етапі їх проектування.

Обробка часових рядів, якими представлено набір параметрів медичної інформації, також вимагає швидкого і високоінформативного аналізу всієї сукупності переліку типів даних та виокремлення патологічних станів і експертного оцінювання даних [12]. Для розв'язання такого класу задач використовуються байєсівський підхід, алгоритм пошуку асоціативних правил, алгоритм логічного виведення, методи кластерного аналізу, моделі штучних нейронних або спеціальних рекурентних мереж, тощо [13]. Особливість останніх полягає у функціональному доповненні синаптичного вузла пам'яттю, трирівневим компаратором та алгебраїчними операціями сумування, множення та ділення [13]. Необхідність аналізу результатів визначеного переліку параметрів стану пацієнта як процес стає кількісно-логіко-когнітивним процесом, що пропонується реалізувати у комбінованих системах реабілітаційного відновлення [13]. Однак ве-

личина обсягів інформації, що підлягає збору, первинній обробці, збереженню та аналізу представляє головну перешкоду [14]. У публікаціях, що присвячено створенню і практичному застосуванню комп'ютерних систем моніторингу та відновленню, все частіше пропонується прилади на основі декількох мікроконтролерів [15]. Так наприклад, у роботі [15] задачу щодо вимірювання параметрів стану об'єкта і синтезу керуючого параметра передбачено 5 аналогових входів. Вони забезпечують під'єднання уніфікованих давачів. Крім того, система містить 7 дискретних виходів для під'єднання силової частини системи керування. Кожен дискретний вихід має логічні буфери, у ролі яких є тригери. Логічні буфери зберігають логічні рівні на керуючих лініях. Такий підхід забезпечує зменшення енергоспоживання, за рахунок наявної можливості переходу основного контролера у режим мінімального енергоспоживання. У випадку аварійного режиму на будь-якій з ліній, здійснюється підключення допоміжного мікроконтролера [13, 15]. У випадку з'єднання декількох контролерів між ними розподіляються функції, які допускають при необхідності перерозподіл [16]. Такі системи додатково здійснюють аналіз ліній керування, процесів прийому/передачі даних, контроль спожитої енергії. Мікроконтролер принципово здатен додатково ідентифікувати несправність, передати повідомлення на централізований пункт оброблення даних. Крім того, увімкнути звукову сигналізацію. Таким чином, система проектується як придатна до самодіагностики та самовиявлення збою. Організація зв'язку між блоком МАПВ із радіомодулем або GSM модемом передбачається через комунікаційні інтерфейси, що забезпечує роботу у складі мережі [16].

Однак, складність організації організму людини ускладнює формалізацію методів аналізу медичних даних і обмежує їх впровадження. Існуючі наукові дослідження, що використовують статистичні методи узагальнюють і доповнюють результати збору та опрацювання інформації про стан хворого [11]. Обробка часових рядів параметрів стану пацієнта за переліком стандарту МОЗ визначає параметри процедури відновлення та їх коригування за динамікою перебігу процедур. В роботі [17] продемонстровано як потреба у визначенні єдиного алгоритму опису єдиним показником успішно реалізовує задачу прозорості і простоти представлення багатофакторної інформації. Однак потреба визначення стану хворого вимагає подання інформації у відповідному структурованому описі динаміки характеристик. До того ж у своїй більшості, її потоки великі за обсягом і містять якісні ознаки. Наприклад, наявність болю, підвищеної температури, колір шкірних покривів, що оцінюють стан хворого суб'єктивно. Опрацювання параметрів стану пацієнта як вхідних сигналів, що впливають на результати вихідних, зумовлюють інформаційне доповнення у своєму описі даних про внутрішні стани. На підставі цього модель системи підтримки лікувальних рішень можна представити на основі концепції теорії автомата Мілі. Остання підтверджує існування функції вихідних сигналів та залежить від множини станів системи та вхідних сигналів – параметрів стану пацієнта. Значною проблемою все рівно лишаються, як і в інших приладах моніторингу, пропуски даних [18]. В роботі [18] представлено та досліджено алгоритми усунення пропусків. Однак, запропоновані методи не виключають похибку, а метод прискорення

процесу відновлення втрат даних, що запропоновано [19], стосується тільки одного параметру і не розповсюджується на багатопараметричні часові ряди. Зрозуміле та максимально стиснуте представлення динаміки перебігу процедур і роботи з ним пропонує стаття, що впроваджує адаптивні інтерфейси користувачів програмної системи аналізу [20]. Незважаючи на інструменти удосконалення ПЗ і інтерфейсів у ході імплементації не завжди запропонована адаптація дає бажані результати [21]. Компараторно структурно-параметрична ідентифікація моделей формує додаткові можливості роботи з комбінованими кількісно-вербальними показниками. Крім того, у випадках відсутності даних або парамедичних оцінок практика її застосування потребує обґрунтування методу їх об'єднання [22]. Прикладом компактного представлення інформації, що містить у собі результати компаративіської обробки, є результати роботи [23]. Однак, навіть у цьому випадку представлення кольорових зображень відео фреймів не зведено до рівня практичного впровадження у алгоритми автоматичного діагнозу модулів приладів автоматизації діагнозу [23].

Формування застосунків МАПВ та забезпечення їх якості визначається можливостями мови та моделями, методами і алгоритмами, що обрано [24]. На тепер мова програмування С# одна з найпотужніших мов в ІТ-галузі, що швидко розвиваються. На С# пишуться найрізноманітніші програми: від невеликих десктопних програм до інформаційно-довідкових систем, які обслуговують щодня мільйони користувачів. Коли говорять С#, нерідко мають на увазі технології платформи .NET (Windows Forms, WPF, ASP.NET, Xamarin). Мова С# була створена спеціально для роботи з фреймворком .NET, проте саме поняття .NET дещо ширше. Фреймворк .NET представляє потужну платформу для створення додатків. Сукупність означених прикладів переваг та задач управління якістю медичної допомоги в закладі охорони здоров'я визначає очікування успіхів при створенні застосунків МАПВ [25].

Таким чином, до не розв'язаних задач відносяться створення моделей інтегрального оцінювання стану пацієнта та прозорого представлення даних про перебіг процедур відновлення. Крім того, задача одночасної оцінки систем регламентованих кількісних і якісних показників стану здоров'я за стандартами МОЗ та парамедичних оцінок зводиться до оцінки переліку чотирьох типів даних. Третьою не розв'язаною задачею є задача розробки методу когнітивно-компаративіського аналізу потоку даних та їх безвтратного стиснення. Її розв'язок відкриє можливості для роботи міждисциплінарної команди науковців, факультету комп'ютерних наук і медичного інституту та інституту державного управління над розвитком автоматизованих систем відновлення в умовах становлення сімейної медицини.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є обґрунтувати форми представлення моделі інтегрального показника, який відповідає вимогам МОЗ за переліком та придатний підвищити ефективність стиснення даних у МАПВ постінфарктних і постінсультних пацієнтів відповідно до принципів ПА та доповнювати перелік типів показників незалежно від фізичних особливостей і кількості.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

– сформуванати перелік типів параметрів загального стану пацієнта (ЗПС), якості медичної послуги (кількісні та якісні) і визначити зв'язок між обсягом, періодичністю замірів, часовими властивостями і значенням похідних, означити межі допустимих коливань значень їх величин;

– сформуванати модель оцінки сукупності показників, що регламентовано МОЗ, і метод доповнення кількісними та якісними показниками для МАПВ постінфарктних, постінсультних пацієнтів відповідно до принципів ПА, які реалізуються на практиці через їх інструменти;

– дослідити застосовність трирівневого вектору-індикатору для інформаційного доповнення часового ряду одно параметричного моніторингу стану постінфарктних, постінсультних пацієнтів та МАПВ;

– дослідити застосовність принципів ПА, які реалізуються на практиці через їх інструменти, у тому числі у ПЗ моніторингу для діагностичного висновку та корекції перебігу процедур.

4. Матеріали та методи дослідження форми представлення моделі інтегральної оцінки показників за вимогами МОЗ та переліком

В основу створення МАПВ постінфарктних, постінсультних пацієнтів було покладено діючі вимоги МОЗ, що регламентують показники та методики їх вимірювання для даних типів хвороб. Також покладалось, що ідея створення модулів, які автоматизують бездротові прилади відновлення пацієнтів в індивідуальних умовах віддаленої реабілітації, реалізується шляхом проведення дистанційно керованих процедур. Так припускалось, що забезпечується якість бездротового зв'язку усіх суб'єктів та структурних елементів системи. Такий тип зв'язку забезпечує дворівневу аутентифікацію пацієнта та приладу і самодіагностику параметрів їх стану. Подовжений час доступу та використання досягається за рахунок безперервного контролю і протоколювання параметрів стану пацієнта та перебігу процедур. Робочою гіпотезою є: дублювання типів взаємодії з пацієнтами, каналів вимірювання і діагностування гарантовано забезпечує наявність повного переліку параметрів для аналізу. Введення системи підтримки і прийняття рішень у ході перенавчання когнітивним навичкам за рекомендаціями та з еталонними параметрами доповнює змістовність комунікативного обміну відновлювальних процедур. У разі відхилення параметрів стану під час перед процедурних тестувань здійснюється запис про відхилення та запит на подальший припис лікаря і включаються модулі моніторингу та блокування. У разі отримання від диспетчерського центру приписів щодо блокування ушкодженого функціонального модуля або його повного відключення, останнє здійснюється у передбаченій послідовності в автоматичному режимі компонентами бездротових мереж.

Безумовно, що само по собі формування методу узагальнення, оцінки, пропозиція інструментів ПА не розв'яже проблему автоматизації приладів сімейної відновлювальної медицини постінфарктних, постінсультних пацієнтів. Однак, воно утворить передумови для реалізації інноваційних технологій віддаленого відновлення в умовах підвищеного комфорту.

Головною вимогою проектування МАПВ є забезпечення інформаційної повноти та стиснення потоків інформації моніторингу стану пацієнта в структурі пацієнт – сімейний лікар – страхова фірма – МАПВ збору параметрів стану пацієнта та прогнозу. Імплементация вимоги відкритості, доступності, інформаційної підготовленості як основних принципів ПА та документування протоколу перебігу процедур відновлення та стану приладів реалізує і регламентує вимоги доказової медицини та адміністративного права у взаємних стосунках суб'єктів відновлення та адміністрування. Останнє регламентується документами, що контролюють якість медичної послуги [2–4]. На підставі викладеного для формування вимог до технічного завдання на проектування МАПВ було запропоновано наступні положення:

– по-перше забезпечити опцію зміни переліку та редагування часових параметрів контролю множин показників та параметрів, що регламентує МОЗ відповідно до методики відновлення;

– по-друге забезпечити опцію вводу додаткових показників та параметрів, що регламентується вимогами контролю якості медичної послуги та контролю технічного стану устаткування;

– по-третє, забезпечити ввід пара-медичних показників та інших якісних показників за необхідності.

Таким чином, множини визначених показників та параметрів було зведено до переліку типів показників, кількість і перелік яких встановлюються за вимогами МОЗ для даного типу хвороби відновлення та додатковими показниками. Різноманітність фізичного змісту величин, області значень та діапазони зміни є притаманною рисою, що характеризує множину показників і параметрів. Іншою робочою гіпотезою було покладено: існує неперервна множина дійсних чисел, обмеженого діапазону метричного простору, у якій відображається повна сукупність показників та параметрів. Узагальнений об'єкт фізіотерапії, що було розглянуто, охарактеризовано K показниками, які сформовано на підставі даних моніторингу про часові ряди. Для наочності сприйняття ідеї викладу припускалось, що показники характеризують тиск, пульс, рухову активність та самовідчуття і таке інше за приписом МОЗ. Для реалізації ідеї приведення до єдиного простору параметрів фізіо-біологічних систем, проводилася нормалізація показників. Вибір норми здійснювався виходячи із додатності оцінок верхнього та нижнього тиску, пульсу та лінгвістичних оцінок самовідчуття та інших пара-медичних показників. Враховано також різноманітність змісту таких показників часових рядів, які обрані за базу [1–4]: тиск, різниця тисків, пульс. У зв'язку з означеним було обрано для кожного i – того часового ряду свою величину Евклідової норми $|X_i|_{\max}$. Таке перше нормування забезпечило зведення всіх величин до множини безрозмірних чисел. Однак, приймаючи максимальне значення модуля на інтервалі області визначення $|X_i|_{\max}$ за норму, слід враховувати, що її необхідно перевизначити при кожній зміні інтервалу вибірки та при переході від одного фактора до іншого. Безумовно, останнє є суттєвим недоліком, але саме така норма забезпечує високу чутливість до локальних змін факторів [17]. Крім того, для повного використання обмеженого діапазону єдиного простору

представлення показників, послідовно за першим нормуванням проводиться друге з новою Евклідовою нормою:

$$\bar{X}_i = \frac{X_i / |X_i|_{\max} - |X_i|_{\min} / |X_i|_{\max}}{1 - |X_i|_{\min} / |X_i|_{\max}}. \quad (1)$$

Далі було введено позначення для загального інтегрального показника GIS . Його роль може також означатися як синонім із назвою «загальний індекс ефективності», наприклад, стандарт ISO 37001:2016. Покладено далі, що показник GIS та показники X_i – неперервні величини (верхню риску у позначені норми умовно тут і далі було опущено).

Обґрунтовано метод, який дозволив знайти функцію, що встановлює зв'язок між інтегральним показником GIS та унормованими, безрозмірними показниками. До таких, наприклад, відносяться: пульс – X_1 ; тиск за піком – X_2 ; нижній рівень тиску – X_3 ; температура – X_4 . Для цього шукану функцію позначено наступним чином: $GIS=f(X_1, X_2, X_3, X_4)$ та обрано систему припущень, сформульованих у вигляді постулатів. Головними твердженнями постулатів є: при нульовому пульсі – її ЗПС нульовий; при нульовому тиску ЗПС теж нульовий; за умов, коли одночасно кожен із факторів дорівнює нулю, ЗПС дорівнює нулю.

На підставі тверджень про неперервність ЗПС розкладено у ряд Маклорена, який подано у лінійному наближенні:

$$GIS = \sum_i^N \left. \frac{\partial GIS}{\partial X_i} \right|_{x_i=0} \Delta X_i = \sum_i^N \left. \frac{\partial GIS}{\partial X_i} \right|_{x_i=0} X_i = C \sum_i^N \delta_i X_i;$$

$$C = \left(\sum_i^N \left. \frac{\partial GIS}{\partial X_i} \right|_{x_i=0} \right); \delta_i = C^{-1} \left. \frac{\partial GIS}{\partial X_i} \right|_{x_i=0}. \quad (2)$$

В останньому враховано, що після подвійного нормування інтервал визначення всіх показників єдиний $X_i \in [0,1]$. Означене розвинення Маклорена (2), як сума відповідно до властивостей геометричної нерівності, оцінює нижню границю ЗПС:

$$GIS = C \sum_i^N \delta_i X_i \geq C \prod_{i=1}^N (X_i)^{\delta_i}. \quad (3)$$

Оцінюючи можливі варіанти залежності кожного з переліку типів показників від параметрів було встановлено, що вплив різних факторів не рівний. Коефіцієнти ваги, що його визначають, набувають як додатні, так і від'ємні значення. Верхня границя найменшого значення ЗПС оцінювалась за допомогою геометричної нерівності (3), що видозмінюється введенням модулів величин:

$$(|X_1| + |X_2| + |X_3| + |X_4|) \geq \left(\frac{|X_1|}{k_1} \right)^{k_1} \left(\frac{|X_2|}{k_2} \right)^{k_2} \left(\frac{|X_3|}{k_3} \right)^{k_3} \left(\frac{|X_4|}{k_4} \right)^{k_4}. \quad (4)$$

Обмеженість області значень уніфікованого метричного простору параметрів та показників дозволяє отримати вираз для верхньої та нижньої границі ЗПС, з урахуванням введених позначень та властивостей степеневі функції:

$$|X_1| |X_2| |X_3| |X_4|_{\min} \leq GISI \leq |4X_1 X_2 X_3 X_4|_{\max}. \quad (5)$$

Таким чином, на підставі введеної послідовно застосованої сукупності норм, для різних варіантів коефіцієнтів ваг обґрунтовано оцінку верхньої та нижньої границі загального індексу *GIS* (2) за виразами (3), (4) та (5).

Такий широкий інтервал виразів та значень надає перевагу песимістичній оцінці – нижній межі, оскільки вона дає єдиний вираз і одне значення. У подальшому оцінку нижньої межі за (5) слід використовувати як оцінку загального індексу ефективності *GIS*.

5. Результати дослідження моделі, методів та інструментів для автоматизації приладів відновлення постінфарктних та постінсультних пацієнтів.

5.1. Визначення переліку типів параметрів стану пацієнта, що підлягає вимірюванню

В роботі було розглянуто структуру взаємодіючих суб'єктів: пацієнт, сімейний лікар, лікарні, страхові компанії та МАПВ (умовно віднесено до класу суб'єктів) для збору параметрів стану пацієнта, мережеві засоби передачі даних, сервера корпоративної медичної мережі і бази медичних даних.

Припускалось, що для створення такого модуля існують визначенні МОЗ типи показників та методики їх вимірювання. Також покладемо, що ідея створення модулів, які автоматизують бездротові прилади відновлення постінфарктних, постінсультних пацієнтів в індивідуальних умовах віддаленої реабілітації, реалізується шляхом проведення дистанційно керованих процедур. Безумовно, що вона ґрунтується на гіпотезі реалізованості бездротового зв'язку усіх елементів за умов дворівневої аутентифікації пацієнта та приладу та і самодіагностики параметрів їх стану. Подовжений час доступу та використання досягається за рахунок безперервного контролю і протоколювання параметрів стану пацієнта та перебігу процедур. Іншою робочою гіпотезою є: дублювання типів взаємодії з пацієнтами, каналів вимірювання і діагностування. Введення системи підтримки і прийняття рішень у ході перенавчання когнітивним навичкам за рекомендаціями та з еталонними параметрами доповнює змістовність комунікативного обміну відновлювальних процедур. У разі відхилення параметрів стану під час перед процедурних тестувань здійснюється запис про відхилення та запит на подальший припис лікаря і включаються модулі моніторингу та блокування. У разі отримання від диспетчерського центру приписів щодо блокування ушкодженого функціонального модуля або його повного відключення,

останнє здійснюється у передбаченій послідовності в автоматичному режимі компонентами бездротових мереж.

Інноваційною рисою результату розробки, що очікувався, мало стати комплексне впровадження методів, які представляють аналітичну експрес оцінку складних процесів за моделлю ЗПС. Останнє дозволяє швидко блокувати процеси реабілітації у випадку прогнозованої небезпеки та протоколювати повну сукупність оцінок ознак та параметрів аналізу. Розробка та застосування датчиків, що вимірюють силу дотику, стиснення і розтягу та швидкості переміщення, ступеню кровонаповнення тканини м'язів, забезпечать потреби зворотного зв'язку. Розробка інтелектуальних датчиків, що містять когнітивну складову аналізу дій пацієнтів під час процедур, представляє картину відновлення, що протоколюється за вимогами адміністративного права та доказової медицини. Саме ця кількісна і якісна інформація і є тією необхідною інформацією, яку потребує як сімейний-лікар, так і адміністрація лікарської установи, пацієнт та страхова кампанія. Інформація про ЗПС, а у випадку потреби розгорнуті показники за переліком МОЗ, надається за вимогою усім суб'єктам процесу відновлення. У вигляді моделі нижньої межі вона утворює інструмент для медичної та правової оцінки усіма суб'єктами адміністративного права і процесу, забезпечує захист їх прав відповідно до принципів ПА. Показники інтегральної оцінки ЗПС, як прозорі, зрозумілі і доступні для кількісного порівняння, є зручними інструментами, що реалізують механізми ПА. Останнє на основі протоколів взаємодії людина-машинного інтерфейсу дозволить корегувати індивідуальний набір процедур на підставі порівняння фактичного та прогнозного відновлення. Інноваційність пропонованих датчиків має полягати у одночасному застосуванні кількісних та якісних показників для представлення у виді єдиного узагальненого показника ЗПС, що підвищує моніторингову ефективність обробки даних та команд керування сімейним лікарем за рахунок огляду зменшеної кількості інформації. Такий підхід дозволить вирішувати низку технічних проблем при спостереженні за процесом і МАПВ, постінфарктних, постінсультних пацієнтів. Перелік і кількість цих параметрів визначена, оскільки задається методикою відповідно до стандарту МОЗ. Однак, для реалізації когнітивної складової у аналізі дій та результатів під час перебігу процедур і самодіагностики устаткування кількість параметрів розширюється. Крім того, причиною змін або розширення їх кількості також є зміни методики відновлення при зміні пацієнтів різних груп хвороб [1–4]. У зв'язку з цим, у межах узагальнення та виконання вимог стандартів МОЗ, було об'єднано множини стандартних показників, які регламентовано методикою лікування та якості медичної послуги та додаткових, які регламентують якість роботи устаткування і пара-медичні показники. Також, було враховано, що за формою представлення показники поділяються на кількісні та якісні. Позначимо кількість регламентованих показників P , що підлягають вимірюванню за вимогою МОЗ разом із додатковими K , перелік яких нарощується за необхідності.

Представимо набір показників T компонентним вектором \bar{X} . Припустимо, що для кожного з показників визначені нижня та верхня межі коливань

значень та вербальний або нечіткій опис у вигляді функцій належності у діапазоні змін параметру:

$$\mu_j(X_j) = f(X_j).$$

За цих умов загальна кількість замірів всіх параметрів, що підлягають заміру за N регламентованих разів у проміжних A точках подрібнення часового інтервалу аналізу буде дорівнювати:

$$M = (A + 1)(KN + PN).$$

Останнє при максимальній розрядності значень параметрів стану Q визначає максимально необхідні обсяги інформації V , що підлягають передачі у ході моніторингу:

$$V = QM = Q(A + 1)(KN + PN). \quad (6)$$

Таким чином, надлишкова кількість вербальних та кількісних параметрів разом із впливом подрібнення інтервалів часового виміру суттєво збільшує обсяги інформації, що потребує передачі. Їх скорочення або втрати суттєво впливають на похибку. У зв'язку з цим визначення обґрунтованої величини є самостійною задачею алгоритму попередньої обробки інформації, але яка не ставиться у даній статті. Граничне значення необхідних обсягів інформації V за (6) дозволяє розраховувати коефіцієнт стиснення.

Таким чином, визначено перелік типів параметрів, які визначають ЗПС, якість медичної послуги, стан МАПВ, які є кількісні і якісні за формами представлення. Іншими словами, перелік задовольняє узагальненим вимогам, що формулює технічне завдання на проектування МАПВ. Відповідно до вимог, кількість параметрів не обмежується.

Обмеження накладається тільки на опції вводу і редагування переліку додаткових кількісних і якісних параметрів. Загальний обсяг інформації, що мають бути здатними передавати МАПВ, визначають часові властивості параметрів, максимальна розрядність, періодичність замірів і кількість похідних, а також межі допустимих коливань значень величин, що підлягають аналізу.

5. 2. Застосовність моделі і методу інтегральної оцінки сукупності показників

Було розглянуто об'єкт фізіотерапії як такий, що охарактеризовано K показниками, які сформовано на підставі даних про часові ряди. Припустимо, що вони характеризують кількісні параметри, наприклад, тиск, пульс, рухову активність та якісні самовідчуття і таке інше. Покладемо, що регламентовано методику однозначного визначення показників, що обрано за приписом МОЗ, та дослідимо застосовність моделі інтегральної оцінки ЗПС за (5), у тому числі і у ході відновлення.

Для оцінки впливу похибок виміру параметрів ΔX_i на ЗПС було розглянуто процес як не пряме вимірювання з відносною похибкою ε_i , що дозволило розрахувати:

$$\Delta GIS = GIS \sum_{i=1}^4 \left| \frac{\Delta X_i}{X_i} \right| = GIS \sum_{i=1}^4 |\varepsilon_i|. \quad (7)$$

В силу обраних норм найбільше максимально можливе значення похибки інтегрального показника визначиться сумою модулів величин відносних похибок. Для визначення впливу величини інтервалу осереднення та динамічних властивостей ЗПС на локальне значення похибки було застосовано квадратичне розвинення у ряд Тейлора у околі моменту часу t_0 :

$$\Delta GIS = \left(GIS_0 + \sum_{i=1}^4 \frac{\partial GIS}{\partial X_i} \frac{dX_i}{dt} \Big|_{t_0} \Delta t + \sum_{j=1, i=1}^{4,4} \frac{\partial^2 GIS}{2 \partial X_j \partial X_i} \frac{\partial X_j \partial X_i}{dt^2} \Big|_{t_0} \Delta t^2 \right) \times \sum_{i=1}^4 \left(\varepsilon_{i0} + \frac{d\varepsilon_i}{dt} \Big|_{t_0} \Delta t + \frac{d^2 \varepsilon_i}{2 dt^2} \Big|_{t_0} \Delta t^2 \right). \quad (8)$$

Таким чином, динамічними властивостями GIS , інтервал осереднення $\delta\tau$, та оцінки похибки факторів впливу сформувавши вимоги до максимального часу оцінювання кожного з величин показників. Розвинення (8) також дозволило встановити загальний зв'язок між розмірами вікна ковзання, стрибками першої та другої похідної узагальненого часового ряду, допустимою похибкою ЗПС. Застосовність розвинення (8), за умов неперервності та інтегровності функції GIS разом з квадратом, після застосування норми приводить до рівняння

$$\|\Delta GIS\| = \frac{1}{\delta\tau} \left[\int_{t_0 - \delta\tau/2}^{t_0 + \delta\tau/2} \Delta GIS^2 dt \right]^{1/2}. \quad (9)$$

Застосування норми (9) до рівняння (8) дає на підставі нерівності Буняковського – Коші:

$$\left| GIS_0 + \frac{dGIS}{dt} \Big|_{t_0} \Delta t + \frac{d^2 GIS}{2 dt^2} \Big|_{t_0} \Delta t^2 \right|_{\min} \times \sum_{i=1}^4 \left\| \varepsilon_{i0} + \frac{d\varepsilon_i}{dt} \Big|_{t_0} \Delta t + \frac{d^2 \varepsilon_i}{2 dt^2} \Big|_{t_0} \Delta t^2 \right\| \leq \leq \|\Delta GIS\| \leq \left| GIS_0 + \frac{dGIS}{dt} \Big|_{t_0} \Delta t + \frac{d^2 GIS}{2 dt^2} \Big|_{t_0} \Delta t^2 \right|_{\max} \times \sum_{i=1}^4 \left\| \varepsilon_{i0} + \frac{d\varepsilon_i}{dt} \Big|_{t_0} \Delta t + \frac{d^2 \varepsilon_i}{2 dt^2} \Big|_{t_0} \Delta t^2 \right\|. \quad (10)$$

Остання нерівність еквівалентна виразу, що визначає верхню та нижню границю, які обмежують значення норми відносної похибки. Вона пов'язує но-

рму похибки із властивостями утвореного часового ряду для песимістичної оцінки ЗПС і протяжністю вікна ковзання.

$$\begin{aligned} & \frac{GIS_0}{\left\| GIS_0 + \left| \frac{dGIS}{dt} \right|_{t_0} \Delta t + \left| \frac{d^2GIS}{2dt^2} \right|_{t_0} \Delta t^2 \right\|_{\max}} \times \sum_{i=1}^4 \left\| \varepsilon_{i0} + \left. \frac{d\varepsilon_i}{dt} \right|_{t_0} \Delta t + \left. \frac{d^2\varepsilon_i}{2dt^2} \right|_{t_0} \Delta t^2 \right\| \leq \\ & \leq \frac{\|\Delta GIS\|}{\left\| GIS_0 + \left| \frac{dGIS}{dt} \right|_{t_0} \Delta t + \left| \frac{d^2GIS}{2dt^2} \right|_{t_0} \Delta t^2 \right\|_{\max}} \leq \sum_{i=1}^4 \left\| \varepsilon_{i0} + \left. \frac{d\varepsilon_i}{dt} \right|_{t_0} \Delta t + \left. \frac{d^2\varepsilon_i}{2dt^2} \right|_{t_0} \Delta t^2 \right\|. \end{aligned} \quad (11)$$

Таким чином, якщо сукупність показників, що підлягають вимірюванню та відображенню для роботи кожного із суб'єктів системи сімейної медицини, є неперервною множиною, то вона представляється у метричному просторі і часі шляхом нормування. Послідовний вибір і застосування двох типів Евклідових норм: максимум модуля і комбінованої за (1) та корінь квадратний від інтеграла від квадрата за (9) утворює просте прозоре відображення на необмеженій сукупності площин із спільною віссю – часу.

Таким чином, обґрунтована на підставі фундаментального розвинення функції у ряд Тейлора та геометричної нерівності модель є мультиплікативною. Її особливості і властивості встановлено на основі методів коефіцієнтів ваг, оцінки верхньої та нижньої межі, диференціювання натурального логарифму нерівностей Буняковського-Коші. Сама ж форма представлення значення ЗПС одним числом, а динаміки у вигляді простого графіку на обмеженому інтервалі чисел від 0 до 1, є реалізацією простоти та прозорості, як принципів, зокрема, ПА. Разом узятє забезпечує довільний доступ для пацієнта, сімейного лікаря, спеціального лікаря та адміністраторів та реалізує ще один з принципів доступності.

5. 3. Застосовність тривіневого вектору-індикатору для інформаційного доповнення часового ряду одно параметричного моніторингу

Розглянемо задачу аналізу змін часових рядів, що отримано у наслідок моніторингу параметрів стану пацієнта. Як правило, в них спостерігаються осциляції. Припустимо, що ряди не монотонні, а містять чергування проміжків монотонності та низьку локальних мінімумів і максимумів. Такі зміни параметрів стану пацієнта і їх моделей унеможливають дослідження таких рядів методами Ньютона-Канторовича і квазілінеаризації [26]. Як показано у роботі [13], одночасне застосування декількох схем наближень та перевірок умов відповідності кореню у точці кожного наближення виключає його помилкове визначення. Чисельні експерименти для наведеного та інших випадків, у яких утворенні образи містять декілька локальних екстремумів, свідчать про неможливість прямого застосування лінійних та квадратичних схем наближень. Останнє еквівалентне висновку: застосування методу Ньютона-Рафсона-Канторовича, квазі-

лінеаризації, Галлея, рекурентної апроксимації не можливе [27]. У зв'язку з тим, що більшість часових рядів показників стану пацієнта є осцилюючими функціями, то задача про синтез керуючого впливу, як задача про мінімізацію квадратичного функціоналу, не розв'язується цими методами [13]. Модифікація та пошук нових підходів є актуальним напрямом досліджень шляхів трансформації немонотонних моделей [27].

Інтелектуалізація процесу знаходження кореня. Відповідно до дворівневої компаративіської ідеї [22] введемо правило спрацьовування тривірневого компаратору. Нехай на необмеженому просторі дійсних чисел $\forall Y \in (-\infty, \infty)$ існує обмежений набір трьох величин Y_1, Y_2, Y_3 , тоді компаратор подамо як такий, що реалізує предикат виду:

$$D_1(Y_1, Y_2, Y_3) = \begin{cases} -1, & \text{если } Y_{1b} < Y < Y_1, \\ 0, & \text{если } Y = Y_2, \\ 1, & \text{если } Y > Y_3 > Y_{3e}, \end{cases} \quad (12)$$

де Y_1, Y_2, Y_3 – значення величин, що приймаються як такі, що вимірюються та є еталонними, значення яких варіюватимуться, а у окремих випадках можуть бути однаковими. Прийемо також, що це правило (12) справедливо для величин різної природи, у тому числі і для похідних величини, що придатна до виміру. Розглянемо у просторі дійсних чисел осцилюючий процес, що наведено на рис. 1. Введемо n -вимірний вектор \vec{V} . Перша компонента являє собою значення деякої фізичної величини, що отримане після обробки за допомогою компаратору (12). Для простоти у цій задачі прийнято у (12) усі три значення однаковими та рівними нулеві. Друга, третя, та n -на його компоненти є відповідно першою і другою та $n-1$ першою похідною фізичної величини, що обробленні за допомогою того ж компаратору (12). Введемо n -вимірну матрицю рядок, кожен елемент якої дорівнює відповідно величині модуля похідних від нульового до n -го порядку. Тоді розклад у ряд Тейлора подається у вигляді добутку цієї матриці на квадратну діагональну матрицю $n \times n$ та вектор індикатор стану похідних:

$$L(x + \Delta) = \left[|L^{(0)}|, |L^{(1)}|, \dots, |L^{(k)}|, \dots, |L^{(3)}| \right]_{\Delta=0, x=x_n} \left\| \frac{1}{k!} (\Delta)^k \right\| \vec{V}. \quad (13)$$

У діагональній матриці прийнято для загальності $0! = 1, k = j + 1$. За цих позначень задача пошуку кореня зведеться до задачі рішення рівняння з вектором індикатором

$$\left[|L^{(0)}|, |L^{(1)}|, \dots, |L^{(k)}|, \dots, |L^{(N)}| \right]_{\Delta=0, x=x_n} \left\| \frac{1}{k!} (\Delta)^k \right\| \vec{V} = 0.$$

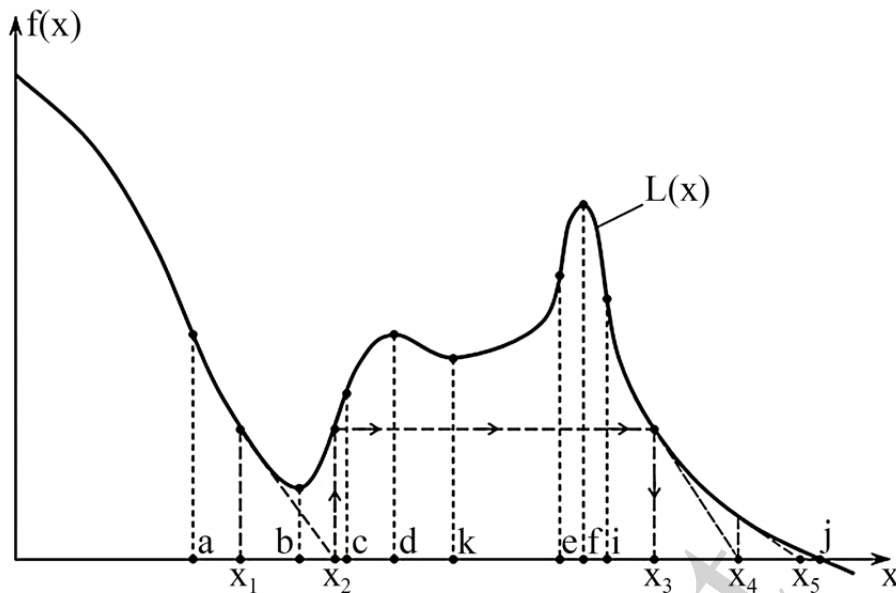


Рис. 1. Схема наближень та характерні точки для немонотонної функції

Процес динаміки відновлення може бути представлено у матричній формі у відповідності із схемами наближень:

– лінійною

$$\Delta \left[|L^{(0)}|, |L^{(1)}|, \dots, |L^{(k)}|, \dots, |L^{(N)}| \right] \Big|_{\substack{\Delta=0, \\ x=x_n}} \left\| \frac{1}{k!} (\Delta)^{k-1} \right\| \bar{V} = 0;$$

– квадратичною

$$\Delta^2 \left[|L^{(0)}|, |L^{(1)}|, \dots, |L^{(k)}|, \dots, |L^{(N)}| \right] \Big|_{\substack{\Delta=0, \\ x=x_n}} \left\| \frac{1}{k!} (\Delta)^{k-2} \right\| \bar{V} = 0.$$

Якщо обмежитись тільки квадратичною апроксимацією, їх розв'язок може бути записаний для відповідних схем наближення в наступний спосіб:

– для лінійної

$$\Delta = -2V_1V_2|L^{(0)}||L^{(1)}| / \begin{bmatrix} 2(V_2|L^{(1)}|)^2 - \\ -V_1V_3|L^{(0)}||L^{(2)}| \end{bmatrix};$$

– для квадратичної

$$\Delta = -\frac{V_2|L^{(1)}|}{V_3|L^{(2)}|} + \sqrt{\left[\frac{V_2|L^{(1)}|}{V_3|L^{(2)}|} \right]^2 - \frac{2V_1|L^{(0)}|}{V_3|L^{(2)}|}}.$$

Було розглянуто процес немонотонних динамічних змін моделі. Приклад немонотонної динаміки моделі подано на рис. 1, на якому виокремлено та позначено буквами характерні точки. Значення вектору-індикатору для них подамо у табл. 1. Аналіз даних табл. 1 демонструє, коли процес відновлення слід зупинити. Так, для першого значення x_1 , якщо для будь якої із схем наближень отримано x_2 , вектор індикатор якого дорівнює $(1, 0, 1)$ або $(1, 1, 0)$, процес наближення слід зупинити і прийняти порядок дій за наступними правилами. По-перше, покласти: $L(x_3)$. Знайти точку x_3 , а далі продовжити за звичайною схемою наближення.

Таблиця 1

Величини значень компонент вектору індикатору у точці

Точка	Значення компонент вектору індикатору у точці			
	a	b	c	d
V_1	1	1	1	1
V_2	-1	0	1	0
V_3	1	1	0	-1
Вербальні ознаки	Позитивна, спадна, опукла	Позитивна, екстремальна, опукла, мінімум	Позитивна, зростаюча, опукла	Позитивна, екстремальна, вгнута, максимум

На прикладі точок рис. 1 та табл. 1 простежуються додаткові інформаційні можливості, що утворюються завдяки введенню вектору-індикатору і дослідженню динаміки процесів відновлення як комплексного показника методами математичного аналізу. В табл. 1 представлено для точок a, b, c, d як значення компонент вектору індикатору дають однозначну уяву не тільки про зміни показника у точці, а і про прогнозовані зміни у її оточенні. Так, для прикладу розглянемо точку a , друга колонка таблиці 1. Значення вектор-індикатору ЗПС $(1, -1, 1)$ засвідчує, що призначена процедура діє позитивно та покращує стан пацієнта, а ЗПС $(1, 0, 1)$ застерігає стан критичний, потребує ретельного огляду спеціальним лікарем, при цьому процедури до огляду призупиняються. Останнє є інтелектуальним підґрунтям для аналізу впливу процедури відновлення та обґрунтовує інструмент інтелектуального аналізу властивостей ЗПС.

5. 4. Інструменти публічного адміністрування у програмному забезпеченні моніторингу, діагностичного висновку та корекції перебігу процедур

Для простоти і прозорості постановки задачі відповідно до реалізації принципів ПА припустимо, що на початок роботи з сервера надіслано дані про кількість вимірів N . Під одним виміром будемо розуміти отримання значень $K+P$ параметрів $x_k(t)$ ($k=1,2,\dots,4$), а саме: тиск, пульс, рухову активність та самовідчуття, що регламентовано до виміру. Параметри вимірюються через деякий інтервал часу Δt у зв'язку із застосуванням розвинення кожної функції $x_k(t)$ ($k=1, 2, \dots, 4$) у ряд Тейлора у вигляді:

$$x_k(t) = x_k(t_0) + \frac{x'_k(t_0)}{1!} \Delta t + \frac{x''_k(t_0)}{2!} \Delta t^2.$$

Для отримання значення $x_k(t_0)$ необхідно провести виміри в момент часу $t=t_0$. Для отримання значення похідної потрібно отримати значення всіх параметрів $x_k(t)$ ($k=1,2,\dots,4$) в двох точках з інтервалом часу Δt . Тоді похідна розраховується як відношення приросту функції $x_k(t)$ до приросту аргументу Δt , що його викликало, при умові, що приріст аргументу прямує до 0.

$$\Delta x_k(t) = x_k(t_0 + \Delta t) - x_k(t_0),$$

$$x'_k(t) = \frac{\Delta x_k(t)}{\Delta t} \text{ (при } \Delta t \rightarrow 0).$$

Відповідно, для отримання другої похідної потрібно отримати значення параметрів в трьох точках. Вирахувавши значення першої похідної для параметрів $x_k(t)$ ($k=1,2,4$) в першій і другій та другій і третій точках, отримаємо другу похідну як відношення приросту першої похідної до приросту аргументу Δt , що прямує до 0.

Тобто:

$$\Delta x'_k(t) = x'_k(t_0 + \Delta t) - x'_k(t_0),$$

$$x''_k(t) = \frac{\Delta x'_k(t)}{\Delta t} \text{ (при } \Delta t \rightarrow 0).$$

Відповідно, для отримання третьої похідної потрібно мати значення параметрів $x_k(t)$ ($k=1,2,\dots,4$) в чотирьох точках і т. д. В загальному вигляді для отримання похідної $n-1$ порядку потрібно отримати значення параметрів $x_k(t)$ ($k=1,2,\dots,4$) в n точках з постійним кроком у часі Δt .

Для формування уяви і подальшого обговорення алгоритму моніторингу для діагностичного висновку та корекції перебігу процедур її блок-схему представлено на рис. 2. Для роботи задається з сервера кількість точок (A) для кожного виміру та обирається інтервал подрібнення часу між вимірами в двох точках (Δt). Крім того, потрібно також знати час початку та час закінчення всіх N вимірів (t_1, t_N).

Наступним кроком, знаходиться інтервал між N вимірами ΔT

$$\Delta T = \frac{(t_N - t_1)}{N} - A * \Delta t.$$

Для початку відліку у поточному часу t присвоюється початковий час t_1 , а рахівник кількості ситуацій (calc), коли значення хоча б одного з параметрів ($x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t)$) вийшло за встановлені межі, встановимо таким, що дорівнює нулю.

Почнемо цикл i від 1 до N з кроком 1, для проведення N сеансів вимірів. Таким чином, на кожному кроці вимірювання відбувається цикл отримання значень параметрів $x_k(t)$ ($k=1,2,\dots,4$) для кількості точок A з кроком часу Δt .

Тому, всередині даного циклу почнемо новий цикл j від 1 до A з кроком 1. Тоді позначимо параметри $x_{kij}(t)$ ($k=1,4, i=1,N, j=1,A$) з інтервалом в часі Δt . Після проведення одного циклу замірів в A точках з інтервалом часу Δt , обраховується інтегральний показник $GIS_{ij}(t)$.

Наступним кроком в циклі k від 1 до 4 с з кроком 1 здійснюється перевірка кожного параметра на належність до інтервалу значень, що відповідає нормальному стану пацієнта за цим параметром.

Якщо параметр $x_{kij}(t)$ ($k=1,2,\dots,4$) не відповідає вимогам, оскільки відхилення сягає величини, що більша за норму, вираховуються значення першої та другої похідної $x'_{kij}(t)$, $x''_{kij}(t)$ для перевірки характеру змін функції $x_{kij}(t)$. На сервер відправляються ці дані. Рахівник calc збільшує значення на 1 та відправляє на сервер значення всіх параметрів $x_{kij}(t)$ ($k=1,2,\dots,4$) (якщо calc перевищує 1, у випадку якщо ще один з параметрів не відповідає вимогам, дані повторно на сервер не відправляються).

При проходженні всіх перевірок або після закінчення циклу (k пробігає значення від 1 до 4 з кроком 1) на сервер відправляється лише значення інтегрального показника $GIS_{ij}(t)$. Після того значення calc обнуляється, час збільшується на Δt і виконується перехід до наступної точки вимірювань циклу j пробігає значення від 1 до A з кроком 1.

Після закінчення серії вимірювань, інтервал часу збільшується на ΔT та йде перехід до наступного кроку в циклі i від 1 до N з кроком 1. Після закінчення даного циклу робота програми завершується.

Представлення даних про ЗПС у числовій, якісній або графічній формі у один метричний простір робить дані простими для сприйняття, доступними для усіх суб'єктів ПА. Для визначення застосовності ЗПС до стиснення обсягів інформації було проведено моделювання. Для порівняння ефективності роботи моделі ЗПС при представленні чисел вісьма розрядами двійкової системи числення проведено експеримент з визначення обсягів, що підлягають передачі. Результати експерименту представлено у табл. 2.

Таблиця 2

Обсяги інформації, що підлягають передачі

№	Десять замірів,		Двадцять замірів		N замірів	
	обсяг інформації, байт	Коефіцієнт стиснення	обсяг інформації, байт	Коефіцієнт стиснення	обсяг інформації, байт	Коефіцієнт стиснення
1	40	0,75	80	0,75	4A	$1-A/(4A)$
2	56	0,536	96	0,625	4A+16	$1-A/(4A+16)$
3	60	0,500	100	0,600	4A+20	$1-A/(4A+20)$

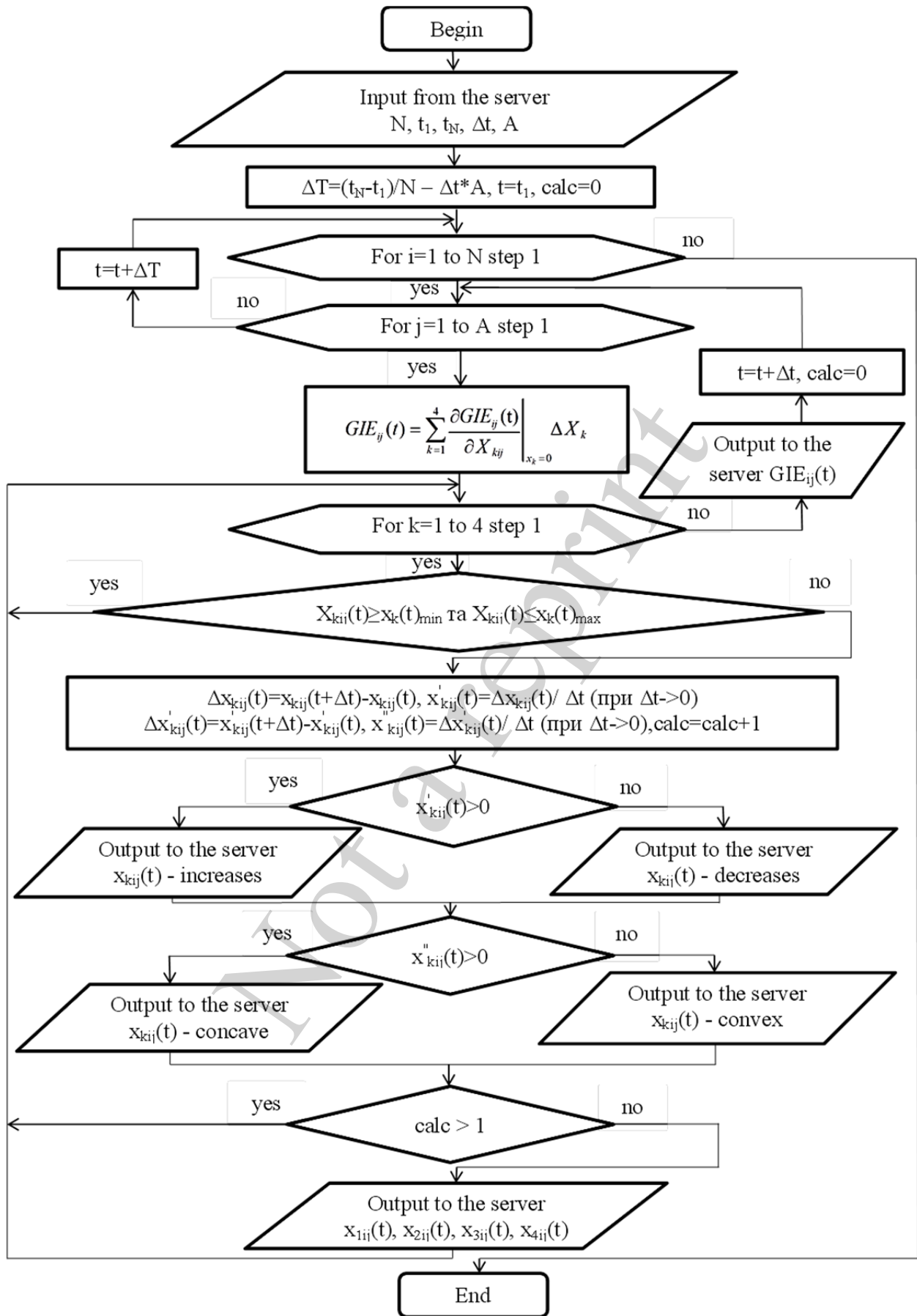


Рис. 2. Блок-схема алгоритму моніторингу для діагностичного висновку та корекції перебігу процедур

У ході експерименту за описаним алгоритмом припускалось, що чотири параметри виходять за межі допустимих значень. Також кількість точок виміру, для яких у таблиці подано дані, дорівнює 10 та 20. Як засвідчує експеримент, введення моделі ЗПС суттєво скорочує загальний обсяг даних, що необхідно передавати до сервера.

6. Обговорення результатів дослідження переліку параметрів, застосування моделі інтегрального показника, вектор-індикатору, інструментів аналізу

В ході дослідження встановлено, що між сформованим переліком параметрів стану пацієнта, які регламентовано стандартом МОЗ та переліком метрологічно-обґрунтованих показників, для контролю якості медичної допомоги, виникають протиріччя. Запропонована модель, форма якої обґрунтовується на підставі приведення до одного метричного простору одного інтервалу визначення і значень та застосування узагальненої геометричної нерівності, усуває не проблему протиріч, а приводить систему до однакових умов співставлення. Так, шляхом визначення інтегрального показника з урахуванням коефіцієнтів ваг, що попередньо послідовно оброблено Евклідовими нормами (1), обґрунтовано доцільність застосування песимістичної оцінки, на яку не впливає кількість параметрів. Таким чином, як це показано для такої оцінки, кількість показників може не обмежуватись чотирма. Такий результат пояснюється тим, що параметри визначають один об'єкт, а розклад функції багатьох змінних не залежно від їх кількості задовольняє (2). У зв'язку з лінійною формою розкладу (2) та геометричної нерівності (3) визначається їх двоїстою функцією – інтегральним показником. Крім того, як доводить (8) похибка визначення інтегрального показника не залежить від кількості показників, а визначається тільки їх властивостями такими як стрибки похідних та розміри вікна ковзання (10), (11).

Таким чином, за умов наявних можливостей регулювати розміри вікна ковзання, його величину слід обирати з урахуванням стрибків першої та другої похідної узагальненого часового ряду та допустимої похибки. При застосуванні якісних показників, що визначаються на підставі когнітивного тестування їх необхідно приводити до нормованих функцій належності. Далі таке нормування відкриває можливості побудови ЗПС за алгоритмом (3), для якого виконуються (6), (7) як оцінки точності прогнозу.

В табл. 2 подані обсяги інформації при різних кількостях замірів та для різної кількості точок. Так, для підрахунку другої похідної додано ще дані по чотирьох компонентах у чотирьох точках-другий рядок. У третій строчці додано дані про чотири компоненти у чотирьох точках для підрахунку третьої похідної та п'ятої для обчислення прогнозу точки. Аналіз даних засвідчує, що застосування ЗПС суттєво стискає обсяги інформації, яка передається на сімдесят п'ять відсотків скороченою, при чому коефіцієнт стиснення від кількості точок замірів не залежить. Він залежить від властивостей часових рядів. Як показано у роботі [9] потреба заміру більшої кількості точок викликана необхідністю підвищення точності прогнозу інформації. Так, для підрахунку першої, другої та третьої похідної необхідно чотири точки, а п'ята точка для перевірки прогнозного значення. Останнє

зменшує значення коефіцієнту стиснення, який при збільшенні кількості замірів зростає та прямує до граничних значень. Величину граничного значення коефіцієнта стиснення визначає кількість показників стану пацієнта.

Дане дослідження, на відміну від попередніх досліджень [12], не тільки пропонує інструмент аналізу часового ряду, а також на відміну від [17] ще й обґрунтовує інструмент інтелектуального аналізу часових осцилюючих рядів, що характеризують процеси відновлення. Однак, важливішою відмінністю запропонованого методу формування інтегрального показника є здатність до оцінки вербальних паро-медичних показників. Приведені результати аналізу безумовно не охопили всі випадки реальних особливостей походження даних, оскільки штучно на цій стадії дослідження покладалось, що всі дані достовірні, та відносна похибка відома. Однак, безумовно, що модель ЗПС, як агрегованого показника на основі груп кількісних та якісних показників, має бути верифікована на даних у ході впровадження МАПВ, що потребує подальших досліджень.

Таким чином, вибір точок, в яких достатньо передавати не повний набір даних, а тільки значення ЗПС, залежить від властивостей часових рядів параметрів. Останнє і визначатиме, разом із параметрами точності виміру та необхідної точності даних, алгоритм попередньої обробки, який і впливатиме на коефіцієнт стиснення даних. Так, робота продовжила реалізацію ідеї калібрування каналів приладів [27], що вимірюють осцилюючі величини. Сформований метод та побудований на його основі алгоритм і ПЗ, блок-схема якого представлена на рис. 2, обмежена простором дійсних позитивних чисел, що зумовлено розкладом у ряд Маклорена та геометричною нерівністю.

До недоліків відносяться необхідність проводити нормування при стрибках норм між інтервалами виміру, що збільшує обсяги додаткових обчислень під час пошуку допоміжних величин, значень похідних, компонент вектора-індикатора.

Однак, додаткове застосування їх результатів дозволяє будувати ЗПС на основі кількісних та якісних показників. Графічне та числове представлення результатів спостереження у вигляді одного ЗПС, який несе у собі інформацію про динаміку перебігу процесів відновлення, забезпечує реалізацію адміністративного права та принципів ПА. Подальший напрям розвитку цих ідей пов'язаний з імплементацією однокристальних і одноплатних контролерів, систем Wi-Fi приладів відновлення, що частково усуватиме проблеми обчислень похідних і вектора-індикатора та потребує подальших експериментальних досліджень.

7. Висновки

1. Сформовано перелік типів параметрів, до яких входять показники загального стану пацієнта, що рекомендовано переліком МОЗ даної групи хвороб, якості медичної послуги, пара-медичні, стану устаткування, що представлено кількісно або якісно. Всі показники зведено до метричного простору обмеженого інтервалу, шляхом послідовного введення двох норм. Обсяг інформації для передачі визначає часова періодичність заміру, за методикою МОЗ, кількість подрібнень інтервалу, кількість похідних, межі допустимих коливань значень їх величин та максимально допустима розрядність.

2. Модель ЗПС, як нижня межа лінійного розвинення у ряд Маклорена, є песимістичною оцінкою, яка не залежить від кількості показників, якщо вони попередньо приведені до метричного простору обмеженого інтервалу, шляхом застосування двох норм. ЗПС, що представлено МАПВ у вигляді часового ряду для постінфарктних, постінсультних пацієнтів, відповідає принципам ПА прозорості, зрозумілості, доступності, які реалізуються на практиці через їх інструменти. Послідовність дій з формування припущень, норм, визначення коефіцієнтів ваг, що застосовано, складає метод, який обґрунтовує величину нижньої межі та може розповсюджуватись на інші типи множин, які описують один об'єкт для визначення узагальненого показника.

3. Вектор-індикатор, що побудовано за допомогою трирівневого компаратору, утворює інструмент інтелектуального аналізу властивостей ЗПС та побудови логічних правил для інформаційного доповнення часового ряду однопараметричного моніторингу. Так, значення вектор-індикатору ЗПС(1, -1, 1) засвідчує, що призначена процедура діє позитивно та покращує стан пацієнта, а ЗПС (1, 0, 1) застерігає стан критичний, потребує ретельного огляду спеціальним лікарем, процедури до огляду призупиняються.

4. Представлення даних у виді часового ряду ЗПС та додаткових матеріалів у окремих точках легко застосовується у ПЗ і є прозорим інструментом адміністративного права і доказової медицини. Значення коефіцієнту стиснення при збільшенні кількості замірів зростає та прямує до граничних значень до 60–75 % для восьми розрядів двійкової системи числення та чотирьох показників, яке визначається кількістю показників стану пацієнта. Властивості моделі ЗПС, вектор-індикатору є зручні для побудови алгоритмів аналізу, утворюють інструмент для керування обсягами інформації та сортуванням на захищену і таку, що подається як прозора, зрозуміла і доступна, що відповідає принципам ПА.

Література

1. Про реабілітацію у сфері охорони здоров'я. Стаття 19. Надання реабілітаційної допомоги із застосуванням телереабілітації (2021). Верховна Рада України, 8. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text>
2. У 2020 році лікування гострого мозкового інсульту є пріоритетом в програмі медичних гарантій. Міністерство охорони здоров'я України (2019). URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/u-2020-roci-likuvannya-gostrogo-mozkovogo-insultu-ye-prioritetom-v-programi-medichnih-garantij>
3. Уніфікований клінічний протокол медичної допомоги. Ішемічний інсульт (екстрена, первинна, вторинна (спеціалізована) медична допомога, медична реабілітація). Затверджено. Наказ Міністерства охорони здоров'я 03.08.2012 № 602. URL: https://dec.gov.ua/wp-content/uploads/images/dodatki/2012_602/2012_602dod4ykrpmd.pdf
4. Про затвердження індикаторів якості медичної допомоги. Наказ МОЗ України від 02.11.2011р. № 743. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1328-11#Text>
5. Яковлева, О. Г. (2019). Основні шляхи становлення і розвитку сімейної медицини в Україні як основа реорганізації первинної медико-

санітарної допомоги населенню. Медсестринство, 2, 16–21. doi: <https://doi.org/10.11603/2411-1597.2019.2.10192>

6. Steel, A., Sibbritt, D., Schloss, J., Wardle, J., Leach, M., Diezel, H., Adams, J. (2017). An Overview of the Practitioner Research and Collaboration Initiative (PRACI): a practice-based research network for complementary medicine. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1609-3>

7. Про затвердження Концепції управління якістю медичної допомоги у галузі охорони здоров'я в Україні на період до 2020 року. Наказ МОЗ України від 01.08.2011 № 454. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0454282-11#Text>

8. Stallberg, B., Teixeira, P., Blom, C., Lisspers, K., Tsiligianni, I., Jordan, R. et. al. (2016). The prevalence of comorbidities in COPD patients and their impact on quality of life and COPD symptoms in primary care patients - An UNLOCK study from the IPCRG. 1.6 General Practice and Primary Care. doi: <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2016.pa868>

9. Нагорна, А. М. (2003). Соціально-економічні детермінанти здоров'я населення України (огляд літератури і власних досліджень). *Журнал АМН України*, 9 (2), 325–345.

10. Гойда, Н. Г., Горачук, В. В. (2011). Медико-соціологічна інформація як інструмент управління якістю медичної допомоги. Тези доповідей конференції з міжнародною участю «Медична та біологічна інформатика та кібернетика: віхи розвитку». Київ, 27.

11. Мельникова, Н. І. (2014). Особливості оцінювання якості результатів прийняття рішень в медичній галузі. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*, 805, 170–179. URL: <http://science.lpnu.ua/sisn/all-volumes-and-issues/volume-805-2014/osoblivosti-ocinyuvannya-yakosti-rezultativ-priynuyattu>

12. Щелкалин, В. Н. (2015). Системный подход к синтезу математических моделей прогнозирования взаимосвязанных нестационарных временных рядов. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2 (4 (74)), 21–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.40065>

13. Trunov, A. (2017). Recurrent Approximation in the Tasks of the Neural Network Synthesis for the Control of Process of Phototherapy. *Computer Systems Healthcare and Medicine*. Denmark, 213–248.

14. The Ultimate Comparison of IOT Development Boards (2013). Open Electronics. URL: <https://www.open-electronics.org/the-ultimate-comparison-of-iot-development-boards/>

15. Тимошук, П. В., Шатний, С. В. (2012). Система моніторингу та керування віддаленими об'єктами регулювання. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22, 313–318.

16. Shatnyi, S., Shatna, A., Shablovska, A. (2019). Neural Network Hardware Implementation Using Micro- and Softprocessor Technologies for Biomedical Signal Processing. *International Journal of Advanced Research in*

Computer Engineering & Technology (IJARCET), 8 (8), 400–403. URL: <http://ijarcet.org/wp-content/uploads/IJARCET-VOL-8-ISSUE-8-400-403.pdf>

17. Trunov, A., Beglytsia, V. (2019). Synthesis of a trend's integral estimate based on a totality of indicators for a time series data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (98)), 48–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163922>

18. Mishchuk, O. (2019). Development of the method of forecasting the atmospheric air pollution parameters based on error correction by neural-like structures of the model of successive geometric transformations. *Technology Audit and Production Reserves*, 6 (2 (50)), 26–30. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.188743>

19. Mishchuk, O., Tkachenko, R., Pohrebennyk, V. (2019). The Accelerated Method of Filling Gaps in Data Using a Linear SGTМ Neural-Like Structure. *International Journal of Science and Engineering Investigations (IJSEI)*, 8 (91), 154–159. URL: <http://www.ijsei.com/papers/ijsei-89119-20.pdf>

20. Ковальчук, А. М., Левицький, В. Г. (2002). Розробка адаптивного інтерфейсу користувача програмної системи чисельного аналізу математичних задач. *Вісник ЖІТІ*, 20, 111–119.

21. Bias, R.; Nielsen, J., Mack, R. (Eds.) (1994). *The Pluralistic Usability Walkthrough: Coordinated Empathies. Usability Inspection Methods*. John Wiley.

22. Петров, К. Э., Крючковский, В. В. (2009). Компараторная структурно-параметрическая идентификация моделей скалярного многофакторного оценивания. Херсон: Олди-плюс, 294.

23. Fisun, M., Smith, W., Trunov, A. (2017). The vector rotor as instrument of image segmentation for sensors of automated system of technological control. 2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). doi: <https://doi.org/10.1109/stc-csit.2017.8098828>

24. Бойченко, О. В. (2012). Основні принципи проектування якісного програмного забезпечення автоматизованих систем управління. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 3, 88–91. URL: <https://journals.khnu.km.ua/index.php/MeasComp/article/view/1725/2191>

25. Горачук, В. В. (2012). Управління якістю медичної допомоги в закладі охорони здоров'я. Вінниця: ПП Балюк І.Б., 18–23.

26. Bellman, R. E., Kalaba, R. E. (1965). *Quasilinearization and nonlinear boundary-value problems*. American Elsevier Publishing Company.

27. Trunov, A., Malcheniuk, A. (2018). Recurrent network as a tool for calibration in automated systems and interactive simulators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (92)), 54–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126498>