

Державний комітет зв'язку та інформатизації України

Національна академія наук України

Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури

Качмар Всеволод Олексійович

УДК 621.301

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ ІНТЕНСИВНОЇ
НЕЙРОФІЗІОЛОГІЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ
ЗА МЕТОДОМ КОЗЯВКІНА**

Спеціальність: 05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Державному науково-дослідному інституті інформаційної інфраструктури Державного комітету зв'язку та інформатизації і Національній академії наук України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Бунь Ростислав Адамович,
Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури, заступник директора з НДР

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук **Сікора Любомир Степанович**,
Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури Держкомзв'язку та НАН України, м.Львів, провідний науковий співробітник
- кандидат технічних наук, доцент **Батюк Анатолій Євгенович**,
Національний університет „Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України, доцент

Провідна установа:

Одеський національний політехнічний університет Міністерства освіти і науки України, м.Одеса, кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів

Захист відбудеться 11. 03. 2004 р. о 15 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.813.01 при Державному науково-дослідному інституті інформаційної інфраструктури (79601, м.Львів, вул.Тролейбусна, 11).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного НДІ інформаційної інфраструктури (79601, м. Львів, вул. Тролейбусна, 11).
Автореферат розіслано 09. 02. 2004 р.

Т.в.о. вченого секретаря
Спеціалізованої вченої ради, докт.
техн. наук, проф.

Воробель Р.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Стрімкий розвиток сучасних інформаційних технологій стимулює розвиток новітніх підходів в усіх галузях людської діяльності, в тому числі і в медицині. Це стосується створення медичних інформаційних систем, експертних систем та баз даних, стандартизації медичної інформації та ведення електронної історії хвороби, формування медичних інформаційних мереж. Значна увага приділяється розробленню високоефективних методів та засобів роботи з зображеннями в системах медичної діагностики. Активно розвивається також окремих напрямків, пов'язаний з дослідженням рухів у біомедицині та спорті. За останнє десятиріччя значний внесок у створення сучасних інформаційних технологій і систем медичного та спортивного призначення зробили відомі зарубіжні та ряд українських вчених, зокрема: Воробель Р.А., Грицик В.В., Драган Я.П., Заневський І.П., Смердов А.А., Яцимірський М.М.

Особливу категорію пацієнтів медичних закладів складають хворі з дитячим церебральним паралічем. Основним клінічним проявом цього захворювання є моторні порушення. В даний час існує ряд методик реабілітації таких хворих. Однією з найефективніших вважається система інтенсивної нейрофізіологічної реабілітації, відома також за іменем її автора – методика професора Козьявкіна В.І. Ця система дозволяє суттєво прискорити моторний та психічний розвиток дитини шляхом активації компенсаторних можливостей та пластичності нервової системи.

Створення високоефективних методів, алгоритмів та апаратно-програмних засобів для інформаційної підтримки і супроводу повного лікувально-реабілітаційного циклу для хворих з дитячим церебральним паралічем є актуальною науковою задачею.

Автор висловлює щире вдячність д.м.н., проф. Козьявкіну В.І. за постійну підтримку і сприяння у виконанні дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основу роботи складають результати теоретичних і практичних досліджень, виконаних автором в рамках планових робіт Міжнародної клініки відновного лікування та Державного НДІ інформаційної інфраструктури. Зокрема, робота виконувалась в рамках тем: “Розробка інформаційних технологій підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційних процесів для хворих з дитячим

церебральним паралічем” (1999-2003 рр.) та “Дослідження та розробка високоефективних методів і алгоритмів відбору, обробки та збереження інформаційних параметрів з метою аналізу, оцінки та прогнозування складних явищ, процесів, об'єктів і управління” (2000–2001 рр.).

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є створення високоефективних методів, алгоритмів та апаратно-програмних засобів для інформаційної підтримки і супроводу повного лікувально-реабілітаційного циклу для хворих з дитячим церебральним паралічем.

У відповідності з поставленою метою дисертаційна робота включає розв'язання таких задач:

- аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку інформаційних технологій і систем медичного призначення;
- розроблення автоматизованої поліклінічної системи інформаційної підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційних процесів для хворих з дитячим церебральним паралічем;
- розроблення статистично-аналітичної підсистеми підтримки та супроводу реабілітаційного процесу;
- створення телеметричної системи та інформаційної технології аналізу рухів для хворих з дитячим церебральним паралічем;
- розроблення інформаційних технологій віртуальної реальності для реабілітації рухових порушень;
- створення реабілітаційних комп'ютерних ігор для хворих з дитячим церебральним паралічем;
- апаратно-програмна реалізація віртуальної реальності в реабілітаційних іграх.

Об'єктом дослідження є процеси інформаційного забезпечення лікувально-реабілітаційного циклу для хворих з дитячим церебральним паралічем.

Предметом дослідження є інформаційні технології підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційних процесів для хворих з дитячим церебральним паралічем.

Методи дослідження. В дисертаційній роботі використано принципи побудови медичних інформаційних систем та баз даних, методи інформаційного аналізу біомеханічних рухів, основні засади системи інтенсивної нейрофізіологічної реабілітації, елементи структурного та об'єктно-орієнтованого програмування для програмної реалізації розроблених інформаційних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- розроблено архітектуру побудови та структуру функціонального наповнення автоматизованої системи інформаційної підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційного процесу для хворих з дитячим церебральним паралічем;
- обґрунтовано трирівневу структуру програмного ядра інформаційної системи, адаптованого до специфіки лікувально-реабілітаційного процесу;
- розроблено процедури формування і редагування ієрархічного дерева огляду пацієнта;
- створено алгоритми автоматизованого генерування витягів з історії хвороби, з використанням елементів дерева огляду;
- розроблено архітектуру побудови телеметричної системи аналізу біомеханічних рухів, яка дає можливість прослідкувати переміщення в просторі світловідбиваючих маркерів та будувати тривимірну кінематичну модель руху;
- розроблено метод визначення координат світловідбиваючих маркерів в телеметричній системі та метод калібрування системи з використанням калібрувального об'єкту;
- створено алгоритми формування тривимірної моделі біомеханічного руху на основі концепції жорстких сегментів тіла;
- розроблено інформаційну технологію віртуальної реальності для реабілітації пацієнтів з руховими порушеннями, яка базується на сумісному використанні біомеханічних корекційних засобів та елементів віртуальної реальності.

Практичне значення та реалізація результатів.

Створена автоматизована система інформаційної підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційного процесу для хворих з дитячим церебральним паралічем забезпечує ефективний супровід цього процесу від оптимізації вхідного обстеження пацієнта до надання рекомендацій щодо відповідних реабілітаційних заходів та процедур. Програмне ядро інформаційної системи є адаптоване до специфіки лікувально-реабілітаційного процесу, має гнучкі процедури налаштування робочих місць та забезпечує широкий спектр функціональних можливостей.

Розроблена підсистема вводу інформації про лікувально-реабілітаційний процес використовує медичні електронні картки як засіб інтегрованого накопичення інформації з розширеними сервісними можливостями. Процедури формування і редагування дерева огляду пацієнта дають можливість швидко та ефективно вводити інформацію про пацієнтів, дотримуючись заданої послідовності.

Алгоритми автоматизованого генерування витягів з історії хвороби включають зручні процедури формування тексту витягу на основі елементів дерева огляду, використовують ефективні операції редагування та коригування умов, генерують витяги різними мовами: українською, російською, англійською і німецькою. Статистично-аналітична підсистема забезпечує механізми стандартного статистичного аналізу та процедури нестандартних запитів.

Розроблена телеметрична система аналізу біомеханічних рухів дає можливість прослідкувати переміщення в просторі світловідбиваючих маркерів, прикріплених до тіла пацієнта, та будувати тривимірну кінематичну модель руху з подальшим комп'ютерним аналізом її компонентів.

Розроблена інформаційна технологія віртуальної реальності для реабілітації хворих з руховими порушеннями дає можливість оптимальним способом вибирати правильні рухи та враховувати зворотну інформацію про здійснені рухи, вона особливо ефективна для пацієнтів дитячого віку, оскільки базується на комп'ютерних іграх і стимулює мотивацію до проведення тривалих і монотонних занять, збільшення швидкості та амплітуди рухів, тренування швидкості реакції та вдосконалення координації рухів.

Розроблений програмно-апаратний комплекс адаптується до індивідуальних особливостей пацієнтів, дає можливість калібрувати пристрої і налаштовувати параметри ігор. Створений ігровий кистевий маніпулятор дає можливість тренувати м'язи кисті руки, сприяє покращенню координації рухів та збільшенню їх амплітуди. Розроблене тренажерне крісло стимулює розвиток координації рухів, забезпечує зворотній візуальний контроль за виконанням рухів та ігрову мотивацію.

Створені інформаційні технології, телеметрична система та розроблений програмно-апаратний комплекс реабілітації хворих з руховими порушеннями широко застосовуються в щоденній практиці роботи Міжнародної клініки відновного лікування для формування високоефективних програм реабілітації пацієнтів, а також для проведення наукових досліджень стану моторних функцій пацієнтів з порушенням опорно-рухового апарату.

Особистий внесок здобувача. Всі результати, що складають зміст дисертаційної роботи, отримані автором дисертаційної роботи самостійно. У публікаціях, написаних у співавторстві, здобувачеві належать: [5] – архітектура побудови телеметричної системи та апаратно-програмна реалізація; [6] – принципи побудови автоматизованої поліклінічної системи інформаційної підтримки і супроводу лікувально-реабілітаційного процесу; [7] – основні засади реалізації інформаційних технологій віртуальної реальності для реабілітації; [8] – основні підходи до визначення координат маркерів та здійснення процедур калібрування; [9,10] – алгоритми реалізації технології віртуальної реальності для реабілітаційних процесів; [11] – інформаційні аспекти технології підтримки лікувально-реабілітаційних процесів для дітей з церебральним паралічем; [12] – алгоритми трасування відеопослідовностей; [13-15] – основні засади функціонування пристроїв та їх структура, алгоритми програмної реалізації; [16] – алгоритм та програмна реалізація.

Апробація роботи. Основні наукові результати та положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на ряді міжнародних та національних науково-технічних конференцій та шкіл-семінарів, в тому числі на Міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми електроніки”, Київ, 2001 р.; Міжнар. конф. з автоматичного управління “Автоматика-2000”, Львів, 2000 р.; Міжнар. конф. з автоматичного управління “Автоматика-2001”, Одеса, 2001 р.; Міжнар. наук.-практ. конф. “Наука і соціальні проблеми суспільства:

людина, техніка, технологія, довкілля”, Харків, 2001 р.; наукових семінарах Державного НДІ інформаційної інфраструктури та Міжнародної клініки відновного лікування. Розробки автора демонструвалися на виставці 12th International Trade Fair for Those with Special Needs and Those Requiring Care: Equipment, Rehabilitation, Care, Dusseldorf, 2-5 October 2001.

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 16 наукових праць, з них 5 статей у фахових наукових журналах і збірниках, 4 патенти України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Робота викладена на 188 сторінках машинописного тексту, містить 142 сторінки основного тексту та список літератури із 196 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано її актуальність, сформульовано мету та основні задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, а також викладено короткий зміст роботи.

В **першому розділі** здійснено аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку інформаційних технологій і систем, які використовуються в медичних закладах. Показано, що на базі широкої інтеграції інформаційних технологій, експертних систем та баз даних можна створити високоефективні спеціалізовані інформаційні системи для підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційних процесів.

Представлено огляд відомих методик інформаційного аналізу біомеханіки рухів пацієнтів з моторними порушеннями, а також описано методики, які широко використовуються в лікувально-реабілітаційних процесах для хворих з дитячим церебральним паралічем: методику керованого навчання та систему інтенсивної нейрофізіологічної реабілітації проф. Козьявкіна В.І.

На основі здійсненого аналізу відомих підходів показано актуальність та перспективність створення сучасних високоефективних інформаційних технологій і систем для підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційних процесів для хворих з дитячим церебральним паралічем. Причому, ці технології повинні бути високоадаптивними і охоплювати повний ланцюг

лікувально-реабілітаційного процесу – від початкового обстеження пацієнта та дослідження його моторної специфіки до безпосередньої інтеграції комп'ютерних технологій в систему інтенсивної нейрофізіологічної реабілітації з використанням комп'ютерних ігор та спеціалізованих тренажерів для підвищення у дітей мотивації до виконання відповідних вправ.

В другому розділі представлено архітектуру побудови, функціональне наповнення та алгоритмічну реалізацію створеної автоматизованої системи інформаційної підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційного процесу для хворих з дитячим церебральним паралічем. Представлено підходи до формування спеціалізованої реабілітаційної бази даних та функції відповідної інформаційно-аналітичної підсистеми, які покликані забезпечити ефективний супровід всього лікувально-реабілітаційного процесу від оптимізації вхідного обстеження пацієнта до надання рекомендацій щодо відповідних реабілітаційних заходів та процедур.

Функціональне наповнення автоматизованої системи інформаційної підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційного процесу представлено на рис. 1. До основних підсистем відносяться: підсистема оптимізації обстежень, підсистема формування розкладів робіт, підсистема ведення медичної документації, статистично-аналітична система та підсистема ауторизації доступу і захисту інформації.

Опрацьовано трирівневу структуру програмного ядра інформаційної системи, яке представляє собою візуальний конструктор з відкритим інтерфейсом і дозволяє приєднувати задачі та процеси, створені користувачами як на внутрішній мові, так і зовнішні прикладні модулі. Ядро програмного комплексу є адаптоване до специфіки лікувально-реабілітаційного процесу, має гнучкі процедури налаштування робочих місць та забезпечує широкий спектр функціональних можливостей: засоби логування, засоби створення форм, об'єкти перегляду даних, об'єкти візуального групування, об'єкти перегляду та модифікації табличних даних, засоби формування інформаційних звітів.

Розроблено структуру, алгоритмічне та програмне забезпечення підсистеми введення інформації про лікувально-реабілітаційний процес, яка включає електронну картку як засіб інтегрованого накопичення інформації, процедури формування і редагування дерева огляду пацієнтів та процедури автоматизованого генерування витягів з історії хвороби.

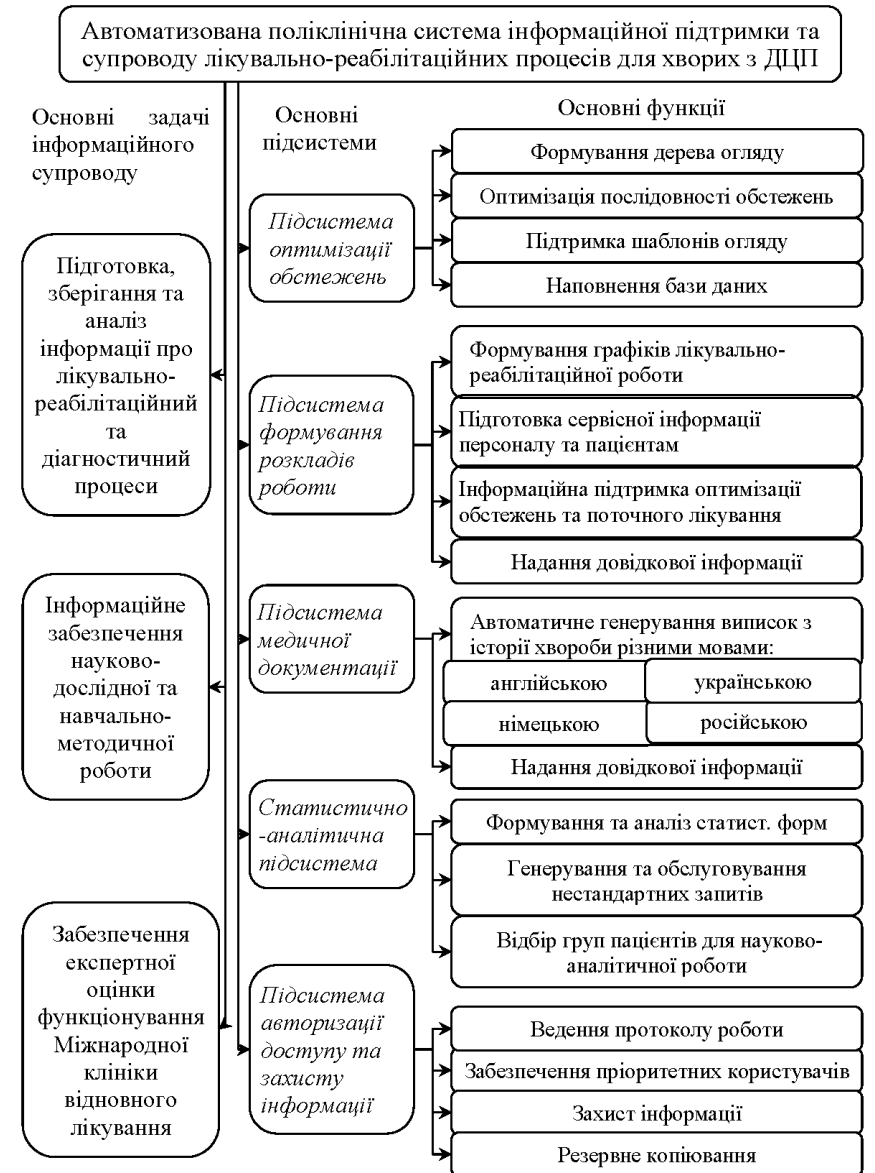


Рис. 1. Функціональна схема інформаційної системи

Електронна картка пацієнта може містити звичайні текстові документи, документи огляду пацієнта, витяги з історії хвороби та документи, які забезпечують імпорт об'єктів, створених в інших об'єктно-орієнтованих середовищах. Вона забезпечує такі сервісні можливості як режим перегляду даних, режим редагування, різноманітні згортувальні тексти, синхронізація та порівняння кількох оглядів, побудова інформаційних звітів.

Запропоновані та реалізовані процедури формування і редагування дерева огляду пацієнта забезпечують ієрархічну структуру дерева та допускають такі основні типи елементів як текст, згортувальний текст, альтернативи, необов'язкові елементи та дані. Дерево огляду дає можливість швидко та ефективно вводити інформацію про пацієнтів, дотримуючись заданої послідовності.

Розроблені алгоритми автоматизованого генерування витягів з історії хвороби включають процедури формування тексту витягу на основі елементів дерева огляду, використовують змінні для широковживаних параметрів, реалізують зручні процедури редагування, коригування існуючих умов та додавання нових вузлів, дають можливість групувати текст для уникнення повторень та генерують витяги різними мовами: українською, російською, англійською і німецькою.

Для здійснення високоефективного аналізу та обробки інформації, що міститься в базі даних автоматизованої системи підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційного процесу, створено статистично-аналітичну підсистему, яка складається з двох основних компонентів: механізмів стандартного статистичного аналізу (формування стандартних статистичних звітів) та механізмів нестандартних запитів (підготовка звітів не регламентованих в процесі розробки системи). При цьому запропоновано процедури, які перетворюють запит користувача, сформульований природною українською мовою, у відповідні вибірки СУБД.

Задання необхідного питання здійснюється шляхом вибору з доступних елементів (таблиць та полів таблиць), накладанням на них відповідних умов та їх логічним об'єднанням. Використовується двохступінчатий підхід, який передбачає спочатку формування шаблону запиту, а потім – генерацію вибірки. Список полів та агрегатних функцій, які є доступними для вибору, будується інформаційною системою за стилем вибірки автоматично. В

алгоритмах перетворення стилю вибірки в кінцевий SQL-запит використовуються розроблені спеціалізовані об'єкти доступу до таблиць бази даних – так звані „вибирачі”, які представляють запити до окремих таблиць бази даних. Для узгодження роботи „вибирачів” служать об'єкти абстрагування від функцій, які керують роботою „вибирачів”.

Основними елементами шаблону запитів є функції, які на основі певних параметрів формують результати відповідного типу. Структура функції задається стрічкою, яка має вигляд: функція:= <текст> {<місце аргумента> <текст>}[<місце аргумента>]. Запропоновано та реалізовано наступні функції, які генерують частини SQL-запиту до бази даних: функція представлення таблиць, функція представлення зв'язків між таблицями, функція зв'язку через поля типу lookup, функція представлення полів в умові вибірки, функція вибору за шаблоном, функція відсутності умови, функція групування, функція сортування, функція вибіркового полів.

Третій розділ присвячено розробленій телеметричній системі та інформаційній технології аналізу біомеханіки рухів для хворих з дитячим церебральним паралічем. Наведено алгоритми визначення координат та процедури калібрування системи, подано основні процедури телеметричної системи та описано приклади її застосування для аналізу кінематики ходи та кінематики хребта.

Здійснено огляд відомих методів та засобів інформаційного аналізу рухів людини, оцінки кінематичних та кінетичних параметрів руху і на цій основі обґрунтовано необхідність створення телеметричної системи та інформаційної технології аналізу рухів для пацієнтів з моторними порушеннями.

В розділі запропоновано та обґрунтовано архітектуру побудови телеметричної системи аналізу біомеханічних рухів, яка складається з двох комп'ютерів, обладнаних платами вводу відеозображення та об'єднаних в мережу, двох відеокамер підвищеної роздільної здатності, набору пасивних світловідбиваючих маркерів та розробленого програмного забезпечення. Система дає можливість прослідкувати переміщення в просторі світловідбиваючих маркерів, прикріплених до шкіри людини, та будувати

тривимірну кінематичну модель руху з подальшим комп'ютерним аналізом її компонентів.

Представлено методику визначення координат світловідбиваючих маркерів в різних системах координат (“лабораторна система координат”, система координат камер, система координат рухомого сегменту тіла), яка базується на концепції жорстких сегментів тіла людини, а також методику калібрування телеметричної системи з використанням спеціального калібрувального об'єкту.

Описано основні розроблені процедури та алгоритми інформаційної технології аналізу біомеханічних рухів, які включають: вибір стилю зйомки, синхронну реалізацію зйомки та перетворення форматів файлів, автоматичну ідентифікацію маркерів та трасування відеопослідовностей, обчислення координат маркерів, побудову тривимірної моделі руху та підготовку інформаційних звітів (див. рис. 2).

Створена телеметрична система та інформаційна технологія аналізу біомеханіки рухів широко застосовується в щоденній практиці роботи Міжнародної клініки відновного лікування для формування високоефективних програм реабілітації пацієнтів з руховими порушеннями, а також для проведення наукових досліджень стану моторних функцій пацієнтів з порушеннями опорно-рухового апарату.

В четвертому розділі описано розроблені інформаційні технології так званої “віртуальної реальності” для реабілітації хворих з руховими порушеннями. Представлено концепцію підходу та методи синтезу тривимірних об'єктів, як елементів віртуальної реальності. Подано алгоритми реалізації ігрових сюжетів та відтворення законів механіки у віртуальних іграх. Описано апаратно-програмну реалізацію запропонованої інформаційної технології для реабілітації рухових порушень.

Розроблено концепцію застосування елементів комп'ютерної віртуальної реальності для реабілітації рухових порушень. Показано, що такі підходи особливо ефективні для пацієнтів дитячого віку, оскільки базуються на комп'ютерних іграх і стимулюють у хворих мотивацію до: проведення тривалих і монотонних занять, збільшення швидкості та амплітуди рухів, тренування швидкості реакції та вдосконалення координації рухів.

Для ефективної реабілітації пацієнтів з руховими порушеннями розроблено інформаційну технологію віртуальної реальності, яка базується на сумісному використанні біомеханічних корекційних засобів та елементів віртуальної реальності і дає можливість ефективним способом вибирати правильні рухи та враховувати зворотну інформацію про здійснені рухи.

Для імітації віртуальної реальності створено тривимірні моделі об'єктів комп'ютерних реабілітаційних ігор. Ці моделі відображають реальні властивості матеріалів (колір, фактуру, прозорість, яскравість, тощо), фізичні закони взаємодії об'єктів ігрового світу, а також реальні рухи та дії пацієнтів у різноманітних ігрових ситуаціях.

Запропоновано та реалізовано алгоритми числового моделювання ігрових сцен в режимі реального часу. Ці алгоритми базуються на процедурах виявлення колізій, обчисленні сил, які діють на ігрові об'єкти, та формуванні



Рис. 2. Приклад інформаційного звіту аналізу кінематики ходи

нових станів. Створено редактор сценаріїв реабілітаційних ігор, який використовує партитури, трупи та спеціалізовану мову програмування Lingo.

На основі запропонованих алгоритмів створено низку комп'ютерних реабілітаційних ігор, які завдяки мальовничості сюжетів та цікавій анімації забезпечують високоефективне проведення тренувальної ігрової сесії та стимулюють розвиток рухових можливостей пацієнта.

Розроблено програмно-апаратний комплекс реабілітації пацієнтів з руховими порушеннями, який складається з ігрових кистевих маніпуляторів, тренажерного крісла, шолома віртуальної реальності та комп'ютерних реабілітаційних ігор. Комплекс адаптується до індивідуальних особливостей користувача та дає можливість калібрувати пристрої і налаштовувати параметри ігор. В процесі реабілітаційної гри комплекс видає в режимі реального часу інформацію про помилки пацієнта, параметри його рухів, прикладені зусилля.

Запропоновано та створено ігровий кистевий маніпулятор для тренування м'язів кисті руки, покращення координації рухів та збільшення їх амплітуди. Маніпулятор складається з опорної та рухомої частин і дає можливість змінювати силове навантаження та керувати складністю гри. Розроблено також тренажерне крісло для розвитку координації рухів, яке забезпечує зворотній візуальний контроль за виконанням рухів та ігрову мотивацію і сприяє розвитку постурального контролю тулуба, укріпленню м'язів спини, тренуванню вестибулярного апарату.

У додатку наведено акти використання результатів роботи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі розв'язано актуальну наукову задачу створення високоефективних методів, алгоритмів та апаратно-програмних засобів для інформаційної підтримки і супроводу повного лікувально-реабілітаційного циклу для хворих з дитячим церебральним паралічем. При цьому отримано наступні основні результати:

1. На основі здійсненого аналізу відомих підходів показано актуальність та перспективність створення сучасних високоефективних інформаційних технологій для підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційних процесів для хворих з дитячим церебральним паралічем. Ці технології повинні охоплювати повний ланцюг лікувально-реабілітаційного процесу – від початкового обстеження пацієнта та дослідження його моторної специфіки до безпосередньої інтеграції комп'ютерних технологій в систему інтенсивної нейрофізіологічної реабілітації.

2. Розроблено архітектуру побудови та реалізовано функціональне наповнення автоматизованої системи супроводу лікувально-реабілітаційного процесу для хворих з дитячим церебральним паралічем, яка включає ядро системи з базою даних, підсистему оптимізації обстежень, підсистему формування розкладів робіт, підсистему ведення медичної документації, статистично-аналітичну систему та підсистему ауторизації доступу і захисту інформації. Інформаційна система забезпечує ефективну підтримку лікувально-реабілітаційного процесу від оптимізації вхідного обстеження пацієнта до надання рекомендацій щодо відповідних реабілітаційних заходів та процедур.

3. Опрацьовано трирівневу структуру програмного ядра інформаційної системи, яке представляє собою візуальний конструктор з відкритим інтерфейсом і дозволяє приєднувати задачі та процеси, створені користувачами як на внутрішній мові, так і зовнішні прикладні модулі. Ядро програмного комплексу є адаптоване до специфіки лікувально-реабілітаційного процесу, має гнучкі процедури налаштування робочих місць та забезпечує широкий спектр функціональних можливостей.

4. Розроблено структуру, алгоритмічне та програмне забезпечення підсистеми введення інформації про лікувально-реабілітаційний процес, яка включає електронну картку як засіб інтегрованого накопичення інформації, процедури формування і редагування дерева огляду пацієнтів та процедури автоматизованого генерування витягів з історії хвороби.

5. Розроблено алгоритми автоматизованого генерування витягів з історії хвороби, які включають процедури формування тексту витягу на основі елементів дерева огляду, використовують змінні для широковживаних параметрів, реалізують зручні процедури редагування, коригування існуючих умов та додавання нових вузлів, дають можливість групувати текст для уникнення повторень та генерують витяги різними мовами: українською, російською, англійською і німецькою.

6. Створено телеметричну систему та інформаційну технологію аналізу біомеханічних рухів, які дають можливість прослідкувати переміщення в просторі світловідбиваючих маркерів, прикріплених до тіла людини, та будувати тривимірну кінематичну модель руху з подальшим комп'ютерним аналізом її компонентів. Розроблено основні процедури та алгоритми інформаційної технології аналізу біомеханічних рухів, які включають: вибір стилю зйомки, синхронну реалізацію зйомки та перетворення форматів файлів, автоматичну ідентифікацію маркерів та трасування відеопослідовностей, обчислення координат маркерів, побудову тривимірної моделі руху та підготовку інформаційних звітів.

7. Розроблено інформаційну технологію віртуальної реальності для ефективної реабілітації пацієнтів з руховими порушеннями. Технологія базується на сумісному використанні біомеханічних корекційних засобів та комп'ютерних реабілітаційних ігор і дає можливість оптимальним способом вибирати правильні рухи та враховувати зворотну інформацію про здійснені рухи. Створено ігровий кистевий маніпулятор для тренування м'язів кисті руки та розроблено тренажерне крісло для розвитку координації рухів.

8. Реалізовані на базі запропонованих методів та алгоритмів інформаційна система, телеметрична система аналізу біомеханічних рухів, комп'ютерні технології віртуальної реальності та апаратно-програмні засоби широко використовуються в Міжнародній клініці відновного лікування та показали свою високу ефективність.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Качмар В.О. Інформаційна технологія аналізу та оцінки біомеханічних рухів // Труды Одесского политехнического университета.- 2001.- Вып. 3(15).- С. 211-214.
2. Качмар В.О. Комп'ютерна телеметрична система аналізу біомеханічних рухів // Комп'ютерні технології друкарства.- 2001.- № 6.- С. 225-231.
3. Качмар В.О. Комп'ютерна технологія підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційних процесів для хворих з дитячим церебральним паралічем // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт».- 2001.- № 8.- С. 102-106.
4. Качмар В.О. Методи та технічні засоби аналізу біомеханічних рухів для хворих з дитячим церебральним паралічем // Электроника и связь.- 2001.- № 10.- С. 26-28.
5. Козьявкін В.І., Качмар В.О., Бунь Р.А. Інформаційна технологія та телеметрична система аналізу біомеханічних рухів // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології.- 2002.- № 1(3).- С. 104-107.
6. Козьявкін В.І., Качмар В.О., Юр Р.П. Система інформаційного забезпечення Інституту проблем медичної реабілітації // Український вісник психоневрології.- 2000.- Т. 8.- Вип. 2.- С. 10-12.
7. Козьявкін В.І., Козьявкіна Н.В., Качмар В.О. Ігрові комп'ютерні пристрої в неврологічній реабілітації // Український вісник психоневрології.- 2002.- Т. 10.- Вип. 2.- С.168-169.
8. Качмар О.О., Козьявкін В.І., Лисович В.І., Потабенко Т.Ф., Качмар В.О. Метод комп'ютерного відеоаналізу рухів // Український вісник психоневрології.- 1993.- Вип. 2.- С. 44-45.
9. Козьявкін В.І., Качмар О.О., Качмар В.О. Віртуальна реальність в реабілітації / Система інтенсивної нейрофізіологічної реабілітації (метод проф. Козьявкіна В.І.): Наукові розробки.- Трускавець: Інститут проблем медичної реабілітації, 2001.- С. 78-83.

10. Качмар В.О., Качмар О.О. Ігрові комп'ютерні пристрої в реабілітації рухових порушень / Система інтенсивної нейрофізіологічної реабілітації (метод проф. Козьявкіна В.І.): Наукові розробки.- Трускавець: Інститут проблем медичної реабілітації, 2001.- С. 84-85.
11. Козьявкін В.І., Гордієвич С.М., Качмар В.О., Юр Р.П. Інформаційні технології підтримки лікувально-реабілітаційних процесів для дітей з церебральним паралічем / Автоматика-2000: Збірник наук. праць.- Т. 6.- Львів: ДНДІП, 2000.- С. 253-256.
12. Шевага В.Н., Козьявкін В.И., Качмар О.А., Качмар В.А., Маргосюк И.А., Лунь Г.П., Лысович В.И. Методика компьютерного видеонализа движений детей, больных спастическими формами детского церебрального паралича / Тез. докл. Шестой Всероссийской науч.- практ. конф. "Организационные и клинические проблемы детской неврологии".- Том II.- Самара, 1993.- С. 66-67.
13. Пристрій розвитку ходи та тренування рівноваги: Заяв. пат. 2002064490 Україна, МПК 7А63В23/12, А63В23/14 / В.І.Козьявкін, С.М.Гордієвич, І.Б.Демчук, В.О.Качмар.- Заявл. 03.06.2002.
14. Пристрій ігрового тренування рухів тулуба: Заяв. пат. 2001085964 Україна, МПК 7А63В23/12, А63В23/14 / В.І.Козьявкін, В.О.Качмар, О.О.Качмар, С.М.Гордієвич, М.М.Петрів.- Заявл. 27.08.2001.
15. Пристрій ігрового тренування верхніх кінцівок : Заяв. пат. 2001042205 Україна, МПК 7А63В23/12 / В.І.Козьявкін, І.П.Маргосюк, С.М.Гордієвич, В.О.Качмар.- Заявл. 03.04.2001.
16. Комп'ютерна програма "Уніфікована система формування комплексів вправ лікувальної фізкультури "Мобілізуєча гімнастика": А.с. ВП №678 Україна / В.І.Козьявкін, В.О.Качмар, Б.Д.Волошин, О.О.Качмар; Видано 10.01.2001.

Качмар В.О. Інформаційні технології для системи інтенсивної нейрофізіологічної реабілітації за методом Козьявкіна. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – *автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології*, Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури, Львів, 2004.

Розроблено автоматизовану поліклінічну систему інформаційної підтримки та супроводу лікувально-реабілітаційних процесів для хворих з дитячим церебральним паралічем, яка включає підсистему введення інформації та статистично-аналітичну підсистему. Створено телеметричну систему та інформаційну технологію аналізу рухів для хворих з дитячим церебральним паралічем. Розроблено інформаційні технології віртуальної реальності для реабілітації рухових порушень, створено реабілітаційні комп'ютерні ігри для хворих з дитячим церебральним паралічем, здійснено апаратно-програмну реалізацію віртуальної реальності в реабілітаційних іграх.

Ключові слова: інформаційна технологія, лікувально-реабілітаційний процес, дитячий церебральний параліч, автоматизована поліклінічна система, телеметрична система, реабілітаційна комп'ютерна гра.

Качмар В.А. Информационные технологии для системы интенсивной нейрофизиологической реабилитации за методом Козьявкина. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – *автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии*, Государственный научно-исследовательский институт информационной инфраструктуры, Львов, 2004.

Разработана архитектура построения и реализовано функциональное наполнение автоматизированной системы сопровождения лечебно-реабилитационного процесса для больных с детским церебральным параличом, которая включает ядро системы с базой данных, подсистему оптимизации обследований, подсистему формирования расписаний работ, подсистему ведения медицинской документации и статистическо-аналитическую подсистему. Информационная система обеспечивает эффективную поддержку лечебно-реабилитационного процесса от оптимизации входного обследования

пациента до предоставления рекомендаций относительно соответствующих реабилитационных мероприятий и процедур.

Предложена трехуровневая структура программного ядра информационной системы, которое представляет собою визуальный конструктор с открытым интерфейсом и разрешает присоединять задачи и процессы, созданные пользователями как на внутреннем языке, так и внешние прикладные модули. Ядро программного комплекса адаптировано к специфике лечебно-реабилитационного процесса, имеет гибкие процедуры настройки рабочих мест и обеспечивает широкий спектр функциональных возможностей.

Разработана структура, алгоритмическое и программное обеспечения подсистемы введения информации о лечебно-реабилитационном процессе, которая включает электронную карточку как средство интегрированного накопления информации, процедуры формирования и редактирования дерева обследования пациентов и процедуры автоматизированного генерирования выписок из истории болезни на украинском, русском, английском или немецком языках.

Создана телеметрическая система и информационная технология анализа биомеханических движений, которые дают возможность проследить перемещение в пространстве светоотражающих маркеров, прикрепленных к телу человека, и строить трехмерную кинематическую модель движения с дальнейшим компьютерным анализом ее компонентов. Разработаны основные процедуры и алгоритмы информационной технологии анализа биомеханических движений, которые включают: выбор стиля съемки, синхронную реализацию съемки и преобразование форматов файлов, автоматическую идентификацию маркеров и трассирование видеопоследовательностей, вычисление координат маркеров, построение трехмерной модели движения и подготовку информационных отчетов.

Разработана информационная технология виртуальной реальности для эффективной реабилитации пациентов с двигательными нарушениями. Технология базируется на совместном использовании биомеханических коррекционных средств и компьютерных реабилитационных игр и дает возможность оптимальным способом выбирать правильные движения и

учитывать обратную информацию об осуществленных движениях. Создан игровой кистевой манипулятор для тренировки мышц кисти руки и разработано тренажерное кресло для развития координации движений.

Реализованные на базе предложенных методов и алгоритмов информационная система, телеметрическая система анализа биомеханических движений, компьютерные технологии виртуальной реальности и аппаратно-программные средства широко используются в лечебно-реабилитационном центре для больных с детским церебральным параличом и показали свою высокую эффективность.

Ключевые слова: информационная технология, лечебно-реабилитационный процесс, детский церебральный паралич, автоматизированная поликлиническая система, телеметрическая система, реабилитационная компьютерная игра.

Kachmar V.O. Information technologies of the intensive neurophysiological rehabilitation system by the method of prof. V.I.Kozijavkin. – Manuscript.

Thesis for a candidate's degree by speciality 05.13.06 – *Automatic Control Systems and Progressive Information Technologies*, State Scientific and Research Institute of Information Infrastructure, Lviv, 2004.

Automatized polyclinic system for informational support and accompaniment of the treatment and rehabilitation processes of the patients with cerebral palsy, which includes subsystem for information-input and statistic -analytical subsystem has been developed. Telemetrical system and information technology for the movement analysis for patients with cerebral palsy has been created. Information technologies of virtual reality for the rehabilitation of movement disorders has been developed, rehabilitation computer games for patients with cerebral palsy were created, hard- and software of the virtual reality in the rehabilitation games has been elaborated.

Keywords: information technology, treatment–rehabilitation process, cerebral palsy, automatized polyclinic system, telemetric system, rehabilitation computer game.