ПОБУДОВА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ В СИСТЕМАХ МЕДИЧНОГО ТЕЛЕМОНІТОРИНГУ

Світлана Яремко

Вінницький торговельно-економічний інститут
Соборна, 87, Вінниця, 21100, Україна, E-Mail: yaremkos@rambler.ru

Анотація

В статті описана побудова моделі оцінки функціонального стану людини на основі визначення істотності розбіжностей між встановленим за допомогою багаторазових спостережень її інформативних параметрів «індивідуальним функціональним коридором» та існуючою «стандартною моделлю норми», що дає змогу враховувати при аналізі даних діагностування індивідуальні особливості організму конкретної людини та перевіряти при цьому відповідність стандартним показникам норми. На основі побудованої моделі було створене програмне забезпечення, яке дало змогу автоматизувати процес розрахунків та проілюструвати роботу моделі на прикладі.

Вступ

Розвиток інформаційних технологій, який поширився на всі області людської діяльності, в тому числі, освіту, науку, медицину вимагає розробки відповідного методичного, математичного та програмного забезпечення. Зокрема, дистанційний контроль функціонального стану людини на базі Internet-технологій повинен бути забезпечений відповідним інформаційним забезпеченням, яке дасть змогу здійснювати адекватну та достовірну оцінку даних діагностування.

Аналіз літературних джерел

На даний час рішення про функціональний стан людини у більшості відомих методів [1-3] приймається шляхом порівняння показників діагностування її інформативних параметрів з розробленою на основі багаторазових спостережень у здорових осіб стандартною моделлю норми (СМН). Проте для адекватної оцінки стану здоров'я конкретної людини необхідно враховувати індивідуальні особливості її організму. Так, наприклад, у людей похилого віку, у яких в багатьох випадках спостерігається дещо знижений рівень енергетики, інформативні параметри функціонального стану можуть відрізнятись від середньостатистичної норми. Також є багато людей, які з різних причин мають відмінні від існуючої моделі норми фізичні показники (тиску, ваги і т.д). Так, зокрема, спортсмени, які систематично виконують певні фізичні навантаження, також можуть мати показники, що будуть відрізнятись від параметрів середньостатистичної норми. У створених на даний час системах дистанційного контролю [4,5], які здійснюють постійне спостереження за станом здоров'я людини, врахування індивідуальних її особливостей забезпечується шляхом порівняння даних поточного діагностування із «індивідуальним функціональним коридором» (ІФК). Він формується на основі статистичних методів обробки багаторазових вимірювань інформативних параметрів конкретної людини. Так, в деяких системах телемоніторингу [4] на початку абонентського обслуговування формується діапазон ІФК, на основі відхилень від якого лікар-експерт в подальшому робить висновки про функціональний стан цієї людини. Проте, слід зазначити, що ІФК хворої людини може значно відрізнятись від обумовленої моделі норми, тому порівняння даних поточного діагностування цієї людини з її патологічним ІФК в системах телемоніторингу дасть недостовірні результати, що може негативно вплинути на прийняття рішення про її функціональний стан і зміст рекомендацій по відновленню функціональної рівноваги.

Постановка задачі досліджень

Виходячи із вище зазначеного, виникає необхідність у створенні такої моделі оцінки функціонального стану людини в системах медичного телемоніторингу, яка б враховувала індивідуальні особливості організму конкретної людини та мала неістотні розбіжності з існуючою стандартною моделлю норми.

Основний результат

Для підвищення достовірності результатів діагностування функціонального стану людини в системах медичного телемоніторингу пропонується побудова «індивідуальної моделі норми» (ІМН) на основі порівняння параметрів ІФК, визначеного за допомогою багаторазових спостережень, із параметрами існуючої СМН. Застосування методів статистичної оцінки, зокрема критеріїв розбіжності, дасть змогу виявити чи є отримані розбіжності між значеннями ІФК та СМН випадковими або вони зумовлені будь-якими визначеними причинами [6,7]. Якщо використані критерії виявлять, що розбіжності між значеннями, що аналізуються, в цілому є недостатньо істотними, можна зробити висновок, що ІФК в цілому відповідає існуючій моделі норми і може вважатись «індивідуальною моделлю норми» та застосовуватись при порівнянні із даними поточного

моніторингу інформативних параметрів стану здоров'я людини.

У випадку, якщо перевірка за допомогою критеріїв встановить істотність розбіжностей, необхідно визначити чи попадає значення кожного показника ІФК в межі коридору норми існуючої СМН для того, щоб виявити які з показників ІФК не відповідають нормі. Таким чином можна виявити і пов'язану з даним параметром функціональну систему людини, яка перебуває в патологічному стані і може бути причиною захворювання.

Застосування критеріїв розбіжності передбачає перевірку нульової гіпотези, згідно якої досліджувані явища є ідентичними за певною ознакою, а наявні розбіжності можуть бути спричинені випадковим характером вибірок [6,7]. Згідно припущень, наведених у нульовій гіпотезі, визначають деякі числові характеристики, закони розподілу яких є відомими з теорії. У випадку, якщо значення імовірності появи таких характеристик є незначним (в межах від 1% до 5%), тоді нульова гіпотеза відкидається і робиться висновок про істотність наявних розбіжностей. У протилежному випадку ці розбіжності можуть вважатись недостатньо істотними. На основі порівняння двох або більше вибірок за допомогою статистичних критеріїв можна також виявити відсутність або наявність розбіжностей за певними ознаками у відповідних генеральних сукупностях, та визначити відсутність або наявність зв'язку між двома ознаками.

Для визначення розбіжності між вибірками застосовують параметричні критерії, у випадку виконання умови нормального закон розподілу значень варіант у вибірках, що порівнюються та непараметричні критерії, які не пов'язані з обчисленням моментів розподілу і можуть застосовуватись як для кількісних, так і для якісних показників. В даному випадку, ми порівнюємо відповідні параметри ІФК та існуючої СМН. Оскільки порівнювані параметри є середніми значеннями, знайденими із різних вибірок, що характеризують певні функціональні системи, а не є значеннями однієї вибірки, ми не можемо перевіряти послідовність із середніх значень, знайдених із різних вибірок на відповідність нормальному закону розподілу. Тому застосуємо для порівняння відповідних параметрів ІФК та існуючої СМН критерій знакових рангів Вілкоксона [6,7], який застосовується для порівняння спряжених пар значень та не вимагає відповідності порівнюваних послідовностей нормальному закону розподілу.

Згідно критерію Вілкоксона висувається нульова гіпотеза про симетричність розподілу різниць між парами відносно нуля та протилежна їй альтеративна гіпотеза.

Для порівняння значень ІФК з існуючою СМН за критерієм Вілкоксона потрібно виконати наступну послідовність дій: [6,7]:

- знайти різниці порівнюваних спряжених пар двох послідовностей;
- визначити ранги здобутих різниць (без урахування знаків), тобто порядкові номера, що одержали ці різниці при розміщенні їх у порядку зростання абсолютної величини. При цьому пари значень із нульовими різницями не враховуються;
- порахувати суму S додатних рангів;
- обчислити критерій T:

$$T = \frac{\frac{S - N(N-1)}{4}}{\sqrt{\frac{N(N+1)(2N+1)}{24}}},$$

де S – кількість додатніх рангів, N – число степенів свободи, що дорівнює кількості пар спостережень.

- визначити мінімальний рівень значущості p_{min} як різницю між одиницею та значенням стандартного інтегрального розподілу для обчисленого критерію T.

Далі необхідно порівняти отримане значення суми додатних рангів S з табличним значенням критерію знакових рангів Вілкоксона при заданому рівні значущості p та кількості степенів свободи N. Якщо обчислене значення S менше, ніж критичне значення, нульова гіпотеза не відкидається, а розбіжності між порівнюваними парами значень вважаються неістотними.

Таким чином, якщо перевірка за допомогою критерію Вілкоксона виявить неістотність розбіжностей, встановлений «індивідуальний функційний коридор» можна вважати «індивідуальною моделлю норми» і використовувати в подальшому для порівняння з поточними показниками діагностування для визначення функціонального стану здоров'я людини.

У випадку, якщо перевірка за допомогою критеріїв встановить істотність розбіжностей, необхідно визначити чи попадає значення кожного показника ІФК в межі коридору норми існуючої СМН для того, щоб виявити які з показників ІФК не відповідають нормі.

Проілюструємо на прикладі застосування критерію Вілкоксона для виявлення істотності розбіжностей між параметрами ІФК конкретної людини та стандартними показниками норми. Для визначення ІФК були проведенні багаторазові спостереження 12-ти репрезентативних точок функціонального стану конкретної особи та здійснена обробка даних вимірювань, яка передбачала нормування даних, виключення анормальних результатів вимірювань, визначення закону розподілу отриманої вибірки та знаходження основних числових характеристик. В результаті були отримані 12

усереднених значень: 7,99, 7,79, 7,78, 7,72, 7,50, 7,80, 8,06, 7,67, 7,94, 7,72, 7,58, 7,83 відносно яких знаходились нижня та верхня межі індивідуального коридору норми. Для порівняння з ними були взяті середні значення існуючої моделі норми [8]: 8,51, 8,21, 8, 8,02, 8, 6,34, 7,82, 10,51, 7,84, 8,12, 7,93, 6,61, 8,24. Для визначення критерію Вілкоксона були здійснені наступні розрахунки:

– обчислені різниці між відповідними парами значень ІФК та СМН;
– знайдені абсолютні значення отриманих різниць;
– після розміщення абсолютних значень отриманих різниць в порядку зростання, визначені їх ранги;
– підрахована сума додатних рангів;
– обчислений критерій *T*;
– знайдене значення мінімального рівня значущості p_{min};

Результати розрахунків по методу Вілкоксона представлені в таблиці 1

Таблиця 1 - Результати застосування методу Вілкоксона

Значення моделі норми	Значення ІФК	Різниця між ІФК та нормою	Абсолютні значення	Ранги	Додатні ранги
8,51	7,99	0,52	0,52	9	9
8,21	7,79	0,42	0,42	8	8
8,02	7,78	0,24	0,24	5	5
8	7,72	0,28	0,28	6	6
6,34	7,50	-1,16	1,16	11	-
7,82	7,80	0,02	0,02	1	1
10,51	8,06	2,45	2,45	12	12
7,84	7,67	0,17	0,17	2	2
8,12	7,94	0,18	0,18	3	3
7,93	7,72	0,21	0,21	4	4
6,61	7,58	-0,97	0,97	10	-
8,24	7,83	0,41	0,41	7	7
Сума додатних рангів				*S*	57
Значення критерію				*T*	-1,47
Мінімальний рівень значущості				P_{min}	0,1

Оскільки значення обчисленої суми додатних рангів *S* (рівне 57) менше, ніж критичне (рівне 60), яке знайдене по таблиці знакових рангів Вілкоксона, при рівні значущості p=0,05 та кількості ступенів свободи N=12, нульова гіпотеза не відкидається і розбіжності вважаються неістотними. Крім того, обчислене значення мінімального рівня значущості (рівне 0,1) більше, ніж отримане в результаті обчислення різниці між одиницею та значенням стандартного інтегрального розподілу для обчисленого критерію *T* (рівне 0,05), тому нульова гіпотеза теж не відкидається.

Отже, розбіжності між параметрами визначеного на основі багаторазових спостережень ІФК та існуючою моделлю норми слід вважати неістотними та використовувати для подальшого аналізу даних моніторингу цієї конкретної особи як «індивідуальну модель норми».

На базі побудованої моделі оцінки функціонального стану людини було створене програмне забезпечення, яке дало змогу автоматизувати процес наведених вище розрахунків та підтвердити їх достовірність. Після введення 12-ти значної моделі «індивідуального функціонального коридору» та «стандартної моделі норми», взятих із описаного вище прикладу, в результаті запуску програми, ми отримали повідомлення про відповідність «індивідуального функціонального коридору» «стандартній моделі норми» (рис.1.)

Висновки

Виходячи із поставленої мети, в даній роботі була побудована модель оцінки функціонального стану людини на основі визначення істотності розбіжностей між встановленим на основі багаторазових спостережень інформативних параметрів людини «індивідуальним функціональним коридором» та існуючою «стандартною моделлю норми». Створена модель була проілюстрована на прикладі. Результати розрахунків, які виявили неістотність розбіжностей між параметрами «індивідуального функціонального коридору» та «стандартної моделі норми» були підтверджені розробленим на базі побудованої моделі

програмним забезпеченням. Таким чином, побудована модель оцінки функціонального стану людини дозволяє враховувати індивідуальні особливості організму конкретної особи, разом з тим, використовуючи для аналізу і стандартні показники норми

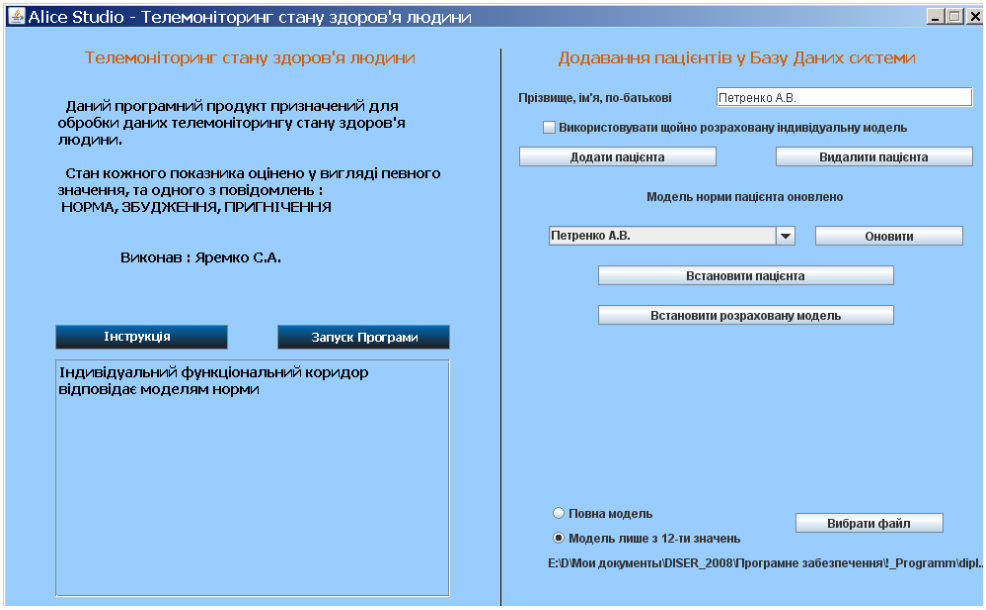

Рис.1. Головне вікно програми

Література

[1] Портнов Ф.Г. Электропунктурная рефлексотерапия. – Рига: Зинатне, 1988. – 352 с.

[2] В.Г. Вогралик, М.В. Пунктурная рефлексотерапия: чжень-цзю. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1988 – 335 с.

[3] Мачерет Е. Л., Самосюк И. З. Руководство по рефлексотерапии. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1984. – 304 с.

[4] Центр медицинского телемониторинга http://www.medcare.ru

[5] Dimmick SL, Mustaleski C, Burgiss SG, Welsh T.A. case study of benefits and potential savings in rural home telemedicine. Home Health Nurse. 2000; 18:124-135

[6] Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистика в науке и бизнесе. – К.МОРИОН, 2002. – 640 с.

[7] Інформаційні технології в охороні здоров’я і практичній медицині: у 10 кн. Кн. 5. Оброблення клінічних і експериментальних даних у медицині: Навч. посіб./ О.П.Мінцер, Ю.В.Вороненко, В.В.Власов. – К.: Вища шк., 2003. – 350 с.: іл.

[8] Власюк А.І. Система контролю активності акупунктури людини: Автореф. дис. к-та техн. наук: 05.11.16 / Вінницький державний технічний університет. –Вінниця, 1999.—18 с.