

УДК 004.94:617.758.1

АДЕКВАТНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЩОДО ПЕРЕДОПЕРАЦІЙНОГО ПЛАНУВАННЯ В ОФТАЛЬМОЛОГІЇ**Д. В. Кухаренко**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Україна, 39600. E-mail: dimon-dimonovich@mail.ru**О. Г. Аврунін**Харківський національний університет радіоелектроніки
просп. Леніна, 14, м. Харків, Україна, 61166. E-mail: gavrun@list.ru**Т. В. Мунтян**Кременчуцький університет економіки, інформаційних технологій і управління
вул. Пролетарська 24/37, м. Кременчук, Україна, 39600. E-mail: kueitu@kueitu.com

Для вдалого хірургічного втручання на окорухових м'язах рекомендується застосовувати комп'ютерну систему передопераційного планування хірургічної корекції косоокості. Користуючись комп'ютерною системою при плануванні операції, офтальмохірург зможе вибрати оптимальну тактику хірургічного лікування і дозування оперативних втручань для конкретного хворого. Зроблено перевірку на адекватність запропонованої моделі, використовуючи два основних критерія – Фішера і Стьюдента, проведено дискримінантний аналіз вхідних параметрів, тобто визначені основні показники, які будуть впливати на передопераційне планування. Визначено, що в моделі статистичного аналізу є фактором, а що є відгуком. Визначення значимих параметрів дозволить максимально продуктивно використати комп'ютерну систему в хірургічній практиці. Запропоновано використовувати в передопераційному хірургічному плануванні комп'ютерну систему, яка підвищує ефективність хірургічного втручання на 27 %.

Ключові слова: комп'ютерна система, передопераційне планування, статистичний аналіз, адекватність моделі.**АДЕКВАТНОСТЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ****Д. В. Кухаренко**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, Украина, 39600. E-mail: dimon-dimonovich@mail.ru**О. Г. Аврунин**Харьковский национальный университет радиоэлектроники
просп. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166. E-mail: gavrun@list.ru**Т. В. Мунтян**Кременчугский университет экономики, информационных технологий и управления
ул. Пролетарская 24/37, г. Кременчуг, Украина, 39600. E-mail: kueitu@kueitu.com

Для удачного хирургического вмешательства на глазодвигательных мышцах рекомендуется применять компьютерную систему предоперационного планирования хирургической коррекции косоглазия. Пользуясь компьютерной системой при планировании операции, офтальмохирург сможет выбрать оптимальную тактику хирургического лечения и дозирования оперативных вмешательств для конкретного больного. Проверена на адекватность предложенная модель, используя два основных критерия – Фишера и Стьюдента. Проведен дискриминантный анализ входных параметров, т.е. определены основные показатели, которые будут влиять на предоперационное планирование. Определено, что в модели статистического анализа является фактором, а что является откликом. Определение значимых параметров позволит максимально производительно использовать компьютерную систему в хирургической практике. Предложено использовать в предоперационном хирургическом планировании компьютерную систему, которая увеличивает эффективность хирургического вмешательства на 27 %.

Ключевые слова: компьютерная система, предоперационное планирование, статистический анализ, адекватность модели.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Для усунення різних форм косоокості, а також для дослідження окорухових структур людини була побудована тривимірна модель очного яблука. Якщо розглянути будову очного яблука людини, воно має округлу форму. Вертикальний розмір очного яблука становить 23,5 мм, а поперечний – 23,8 мм [1]. Ці два розміри знаходяться в площині екватора. Таким чином, центр обертання моделі очного яблука і центр обертання ока будуть різними. Похибка буде складати 0,3 мм. Вона буде збільшуватись при збільшенні очного яблука. Оскільки модель призначена для дослідження тільки окорухового апарату людини, можна

зробити припущення, що модель очного яблука є сферою з нанесеною на поверхню сіткою (офтальмологічною сферичною системою координат), для зручності визначення координат анатомічних утворень. Модель враховує анатомічні особливості, як дітей так і дорослих. Наприклад, розмір очного яблука, коефіцієнт пружності м'яза. Кріплення м'язів до поверхні очного яблука розглядається, як деяка поверхня, яка має довжину і ширину, що дає точну картину стосовно сили кожного м'яза. Всі ці параметри та припущення будуть впливати на результат хірургічного планування.

Метою даної роботи є перевірка адекватності запропонованої моделі та визначити основні показники, які будуть впливати на передопераційне планування. Також визначити, що в моделі статистичного аналізу є фактором, а що є відгуком.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. В попередніх працях [2–5] була запропонована комп'ютерна система передопераційного планування хірургічної корекції патології око рухового апарату людини, яка складається з наступних блоків: модуль 3D зображення (тривимірний модель око рухового апарату людини), модуль штучного інтелекту (нейронна мережа для визначення оптимального методу прогнозування хірургічних втручань), блок додаткових обчислень, база даних пацієнтів, блоки вхідних та вихідних даних. Зараз необхідно упевнитися в її якості. З цією метою виконується перевірка адекватності побудованої моделі для процесу передопераційного планування.

Перевірити адекватність моделі – значить встановити, наскільки добре побудована модель буде описувати реальні процеси, що відбуваються в око рухових структурах людини, наскільки якісно вона буде прогнозувати результат хірургічних втручань на око рухових м'язах. Перевірка адекватності буде проводитися на підставі експериментальної інформації, отриманої з Кременчуцької міської дитячої лікарні.

Оцінена адекватність моделі за критеріями Фішера і Стюдента (перша група даних). Рівняння лінійної регресії [6] має наступний вигляд:

$$y = 0,524783 + 0,979764x.$$

Тісноту лінійного зв'язку оцінює коефіцієнт кореляції $R=0,99392$. Тісноту лінійного зв'язку між змінними можна оцінити на підставі шкали Чеддока, як вельми високу. Середньоквадратичне відхилення значень залишкового ряду складає:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-1}};$$

$$S^2 = 0,42898;$$

$$S = 0,65496.$$

Оцінка адекватності моделі на основі дослідження нормальності розподілу залишкової компоненти на основі RS-критерію (рис. 1–3): $e^{\max}=1,177574$, $e^{\min}=-1,32243$, $S=0,65496$, $RS=3,817033$.

Табличне значення RS – критерію при $n=25$, $\alpha=0,01:(3,33; 4,69)$. Набуте значення критерію потрапляє в даний інтервал, отже, залишкова послідовність підкоряється нормальному закону. Модель адекватна за RS – критерієм.

Порівнюючи результати хірургічних втручань офтальмолога з передопераційним плануванням комп'ютерної системи [8], можна сказати, що розрахунки, які були проведені без використання комп'ютерної системи, не завжди є вдалими. Вдалими вважаються операції, результатом яких є становлення очного яблука в первинну позицію.

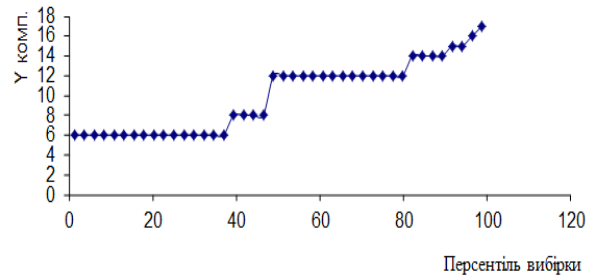


Рисунок 1 – Графік залежності розрахунків величини резекції MOS комп'ютерної системи від перцентіля вибірки (нормальний розподіл експериментальних даних)

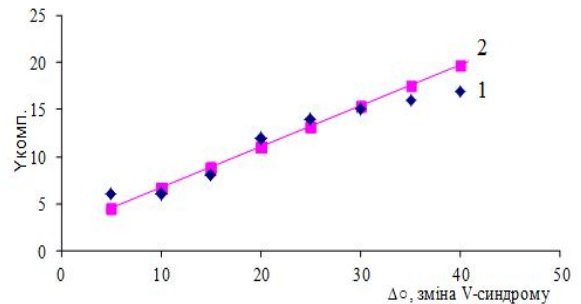


Рисунок 2 – Графік підбору експериментальних даних (розрахунків комп'ютерної системи – величини резекції око рухового м'яза від кута відхилення очного яблука). Крива під номером два – передвіщене Y комп., графік під номером один – Y комп.

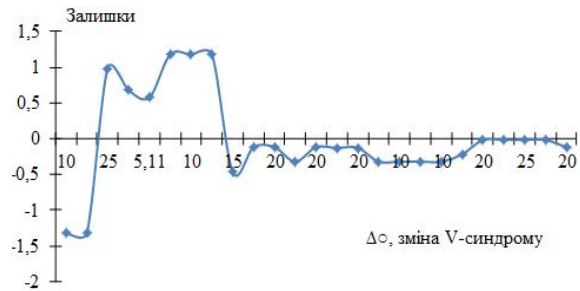


Рисунок 3 – Графік залишків (перша група даних)

Значення $R^2=0,987877$, тобто значення змінної y на 98 % залежить від x . Можна зробити висновок що дане рівняння значиме.

Якість моделі визначає середня помилка апроксимації:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \cdot 100 \% .$$

$$\bar{A} = 4,180136 \% .$$

Якість побудованої моделі оцінюється як добре, оскільки \bar{A} не перевищує 10 %.

Фактичне значення F-критерію =1874,298. Табличне значення критерію при п'ятивідсотковому

рівні значущості і мірах свободи $k_1 = 1$ і $k_2 = 25 - 2 = 23$, $F_{таб.} = 4,28$ [7]. Оскільки фактичне значення $F > F_{таб.}$, то рівняння регресії визнається статистично значимим. Оцінку статистичної значущості параметрів регресії і кореляції проведено за допомогою t -статистики Стьюдента і шляхом розрахунку довірчого інтервалу кожного з параметрів.

Табличне значення t -критерію для числа ступенів свободи $m = 25 - 2 = 23$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$ складає $t = 2,069$ [8]. Стандартні помилки $m = 0,249897$, $m = 0,022631$, $m = 0,0229565$, а фактичні значення t -статистики $t = 2,09999$, $t = 43,29316$, $t = 43,296$ перевищують табличне, тому параметри регресії статистично значущі, та не випадково відмінні від нуля. Довірчі інтервали $0,007746 \leq a \leq 1,04182$; $0,932949 \leq b \leq 1,02658$. Аналіз верхнього і нижнього кордонів довірчих інтервалів приводить до висновку про те, що з вірогідністю $p = 1 - \alpha = 0,95$ параметрів a і b , знаходяться у вказаних кордонах, не набувають нульових значень, тобто є статистично значимими і істотно відмінні від нуля.

Вихідними даними для передопераційного планування є кут відхилення очного яблука від первинної позиції (табл. 1, друга та шоста колонка). Величина Y представляє собою заплановану резекцію задньої порції сухожилля MOS офтальмологом (табл. 1, третя та сьома колонка), а величина Y комп. є запланованою резекцією задньої порції сухожилля MOS комп'ютерною системою (табл. 1, четверта та восьма колонка). Таким чином, в моделі статистичного аналізу фактором є кут відхилення очного яблука від первинної позиції, а відгуком є резекція окорухового м'яза.

Друга група даних (табл. 2). Встановлення очного яблука в первинну позицію шляхом резекції задньої порції сухожилля MOS. Оцінена адекватність моделі за критеріями Фішера і Стьюдента. Рівняння лінійної регресії має наступний вигляд: $y = 3,185284 + 0,251684x$.

Тісноту лінійного зв'язку оцінює коефіцієнт кореляції $R = 0,89507$. Тіснота лінійного зв'язку між змінними може бути оцінена на підставі шкали Чеддока, як вельми висока. Середньоквадратичне відхилення значень залишкового ряду складає:

$$S^2 = 0,154487;$$

$$S = 0,12429.$$

Значення $R^2 = 0,80115$, тобто значення змінної y на 89,5 % залежить від x . Можна зробити висновок що дане рівняння значиме.

Якість моделі визначає середня помилка апроксимації:

$$\bar{A} = 8,27 \%$$

Якість побудованої моделі оцінюється як добре, оскільки \bar{A} не перевищує 10 %.

Фактичне значення F -критерію $= 261,1563$. Табличне значення критерію при п'ятивідсотковому рівні значущості і мірах свободи $k_1 = 1$ і $k_2 = 42 - 2 = 40$, $F_{таб.} = 251,293243$.

Оскільки фактичне значення $F > F_{таб.}$, то рівняння регресії визнається статистично значимим. Оцінку статистичної значущості параметрів регресії і кореляції проведено за допомогою t -статистики

Стьюдента і шляхом розрахунку довірчого інтервалу кожного з параметрів.

Табличне значення t -критерія для числа ступенів свободи $m = 42 - 2 = 40$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$ складає $t_{таб.} = 2,021$. Стандартні помилки

$m_a = 0,519164$, $m_b = 0,019826$, $m_R = 0,0705$, а фактичні

значення t -статистики $t_a = 6,135414$, $t_b = 12,69473$,

$t_R = 12,696$ перевищують табличне, тому параметри регресії статистично значущі, та не випадково відмінні від нуля.

Таблиця 1 – Встановлення очного яблука в первинну позицію шляхом резекції задньої порції сухожилля MOS

Порядковий номер операції	Δ° зміна V-синдрому	Y (запланована резекція офтальмологом)	Y комп. (запланована резекція комп'ютерної системи)	Порядковий номер операції	Δ° зміна V-синдрому	Y (запланована резекція офтальмологом)	Y комп. (запланована резекція комп'ютерної системи)
1	10	6	6	22	20	12	12
2	10	6	6	23	25	14	14
3	25	10	14	24	25	14	14
4	10	8	6	25	20	8	12
5	5	6	6	26	35	16	16
6	10	6	6	27	30	14	15
7	10	8	6	28	40	16	17
8	10	4	6	29	5	4	6
9	15	6	8	30	20	8	12
10	20	12	12	31	20	8	12
11	20	12	12	32	10	6	6
12	10	4	6	33	10	6	6
13	20	14	12	34	20	10	12
14	20	14	12	35	20	10	12
15	20	8	12	36	20	10	12
16	10	6	6	37	25	12	14
17	10	6	6	38	15	8	8
18	10	6	6	39	20	12	12
19	10	6	6	40	30	15	15
20	15	12	8	41	15	8	8
21	20	12	12	42	10	6	6

Довірчі інтервали $2,84882 \leq a \leq 4,12584$; $0,030289 \leq b \leq 0,370289$. Аналіз верхнього і нижнього кордонів довірчих інтервалів приводить до висновку про те, що з вірогідністю $p = 1 - \alpha = 0,95$ параметрів a і b , знаходяться у вказаних кордонах, не набувають нульових значень, тобто є статистично значимими і істотно відмінні від нуля.

Таблиця 2 – Встановлення очного яблука в первинну позицію шляхом рецесії передньої порції сухожилля MOS

Порядковий номер операції	Δ зміна гіпофункції MOS	Y (запланована резекція офтальмологом)	Y комп. (запланована резекція комп'ютерної системи)	Порядковий номер операції	Δ зміна гіпофункції MOS	Y (запланована резекція офтальмологом)	Y комп. (запланована резекція комп'ютерної системи)
1	15	6	6	22	25	12	12
2	15	6	6	23	40	14	14
3	25	10	14	24	40	14	14
4	15	8	6	25	35	8	12
5	25	6	6	26	45	16	16
6	10	6	6	27	35	14	15
7	20	8	6	28	45	16	17
8	10	4	6	29	20	4	6
9	25	6	8	30	15	8	12
10	30	12	12	31	15	8	12
11	30	12	12	32	30	6	6
12	5	4	6	33	15	6	6
13	30	14	12	34	25	10	12
14	30	14	12	35	30	10	12
15	15	8	12	36	30	10	12
16	10	6	6	37	35	12	14
17	10	6	6	38	30	8	8
18	25	6	6	39	25	12	12
19	25	6	6	40	35	15	15
20	20	12	8	41	15	8	8
21	25	12	12	42	20	6	6

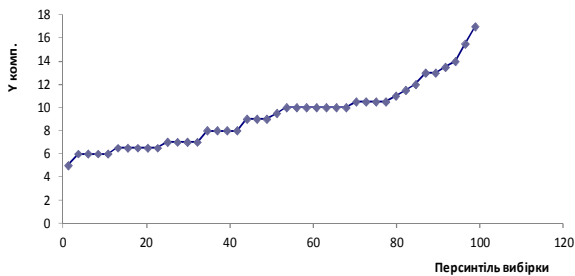


Рисунок 4 – Графік залежності розрахунків величини резекції MOS комп'ютерної системи від перцентіля вибірки (нормальний розподіл експериментальних даних)

Оцінка адекватності моделі на основі дослідження нормальності розподілу залишкової компо-

ненти на основі RS-критерію (рис. 4–6): $e_{\max} = 3,03945$, $e_{\min} = -2,73582$, $S = 1,242929$, $RS = 4,65$. Табличне значення RS – критерію при $n=42$, $\alpha=0,01$: (3,8; 5,4). Набуте значення критерію потрапляє в даний інтервал, отже, залишкова послідовність підкоряється нормальному закону. Модель адекватна за RS – критерієм.

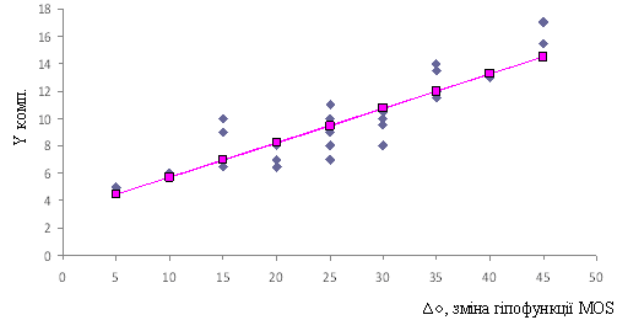


Рисунок 5 – Графік підбору експериментальних даних (розрахунків комп'ютерної системи – величини резекції окоухоного м'яза від кута відхилення очного яблука)

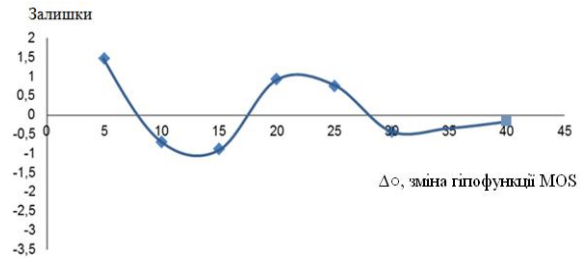


Рисунок 6 – Графік залишків (друга група даних)

Результати дискримінантного аналізу вхідних параметрів, які впливають на результат передопераційного планування (табл. 3).

Таблиця 3 – Результати розрахунків дискримінантних характеристик п'яти параметрів

Параметр	Стан об'єкту контролю		Відстань Маха-Ланібаса, δ	Ймовірність помилки $P_{\text{пом}}$	
	Θ_0	Θ_1			
X_1	Коефіцієнт пружності м'яза	1,1	0,8	2,1	$\leq 0,81$
X_2	Анатомічна особливість кріплення м'яза до поверхні очного яблука, мм	4	1	2,5	$\leq 0,69$
X_3	Кут відхилення від первинної позиції, $^\circ$	0	17,5	6,40	$\leq 0,45$
X_4	Площина i-го м'яза, мм^2	11	9	7,3	$\leq 0,4$
X_5	Результуючий момент всього комплексу м'язів	0,67	0,97	8,11	$\leq 0,31$

Розглянемо використання моделі лінійної дискримінації для оцінювання ймовірностей помилок

запропонованого метода передопераційного планування хірургічної корекції патології очорухового апарату. Вхідними даними є результати обстеження на базі офтальмологічного відділення Кременчуцької дитячої міської лікарні. В першій групі даних результати обстеження сорока двох пацієнтів.

Відстань Махаланобіса розраховується за наступною формулою:

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i^{(0)} - m_i^{(1)}}{\sigma_i} \right)^2},$$

де $m_i^{(0)}$, $m_i^{(1)}$ і $\sigma_i^{(0)}$, $\sigma_i^{(1)}$ – середні значення і середньоквадратичне відхилення відповідних показників і пов'язана з ним ймовірність помилки прийняття рішення буде визначатися за наступною формулою:

$$P_{ном.} \leq 1 - \Phi(\delta / 2),$$

при цьому $\sigma_i = \max(\sigma_i^{(0)}, \sigma_i^{(1)})$.

З формул, приведених вище, видно, що ймовірність помилки тим менше, чим більше нормований по дисперсії квадрат відстані між векторами середніх. Таким чином в розрахунках брали участь п'ять інформативних параметри. В табл. 2 приводяться результати розрахунків дискримінантних характеристик п'яти параметрів. Θ_0 і Θ_1 – стан об'єкту контролю в нормі та при патології відповідно.

Крива під номером один (рис. 7) є результатом розрахунків дискримінантних характеристик п'яти основних параметрів на яких базувався офтальмолог при виконанні оперативних втручань.

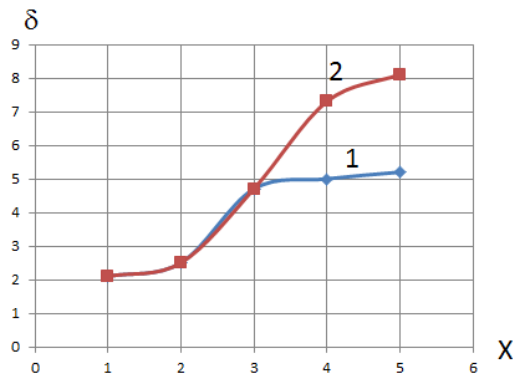


Рисунок 7 – Результати розрахунків дискримінантних характеристик п'яти параметрів (розрахунок відстані Махаланобіса)

Крива під номером два – результат розрахунків дискримінантних характеристик п'яти основних параметрів, на яких базується комп'ютерна система передопераційного планування. Відстань Махаланобіса у четвертому і п'ятому параметрів збільшена на 2,3 і 2,89 відповідно. Це пояснюється більш точною математичною моделлю і методами розрахунків.

З рис. 8 видно, що всі параметри впливають на ймовірність прийняття діагностичного рішення й не можуть бути виключеними з розрахунків. Практично показано вплив на ймовірність помилки пере-

доопераційного планування розмірність простору інформативних параметрів.

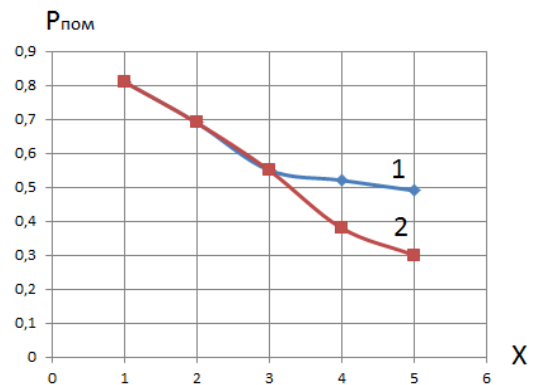


Рисунок 8 – Результати розрахунків дискримінантних характеристик п'яти параметрів (розрахунок ймовірності помилки)

ВИСНОВКИ. Розроблена комп'ютерна система є адекватною за критеріями Стюдента та Фішера. Якість побудованої моделі оцінюється як добре, оскільки середня помилка апроксимації не перевищує 10 %. Відстань Махаланобіса у четвертому і п'ятому параметрів збільшена на 2,3 і 2,89 відповідно. Це пояснюється більш точною математичною моделлю і методами розрахунків. Усі параметри впливають на ймовірність прийняття діагностичного рішення й не можуть бути виключеними з розрахунків.

Практично показано вплив на ймовірність помилки передопераційного планування розмірність простору інформативних параметрів. Запропоновано використовувати в передопераційному хірургічному плануванні комп'ютерну систему, яка підвищує ефективність хірургічного втручання на 27 %. Комп'ютерна система значно скорочує час перебування пацієнта під наркозом, за рахунок швидкості та зручності отримання необхідних розрахунків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анатомия человека [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.anatomus.ru/chuvstva/zrenie_glaz.html.
2. Етапи створення комп'ютерної системи передопераційного планування хірургічної корекції косоокості / Д.В. Кухаренко, О.Г. Аврунін // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Харків, 2013. – № 6/9 (66). – С. 26–31.
3. Патент на корисну модель № 37269, МПК А61В 3/00. Спосіб розрахунку координат об'єктів на поверхні очного яблука / Д.В. Кухаренко, В.О. Мосьпан, В.І. Ємченко; № u200806807, заяв. 19.05.2008, опубл. 25.11.2008. – Бюл. № 22.
4. Патент на корисну модель № 80907, МПК А61В 3/00. Спосіб розрахунку моментів сил очорухових м'язів на поверхні моделі очного яблука / Д.В. Кухаренко, В.І. Ємченко, Н.Г. Кирилаха; № u201300461, заяв. 14.01.2013, опубл. 10.06.2013. – Бюл. № 11.
5. Кухаренко Д.В. Створення тривимірної комп'ютерної програми для моделювання зон прик-

ріплені окопних м'язів до поверхні моделі очного яблука // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 4/2009(57), част. 2. – С. 50–52.

6. Методи кореляційного і регресійного аналізу: Руководство для економістів / Э. Фёстер, Б. Рёнц. – М.: Экономика и статистика, 1983. – 302 с.

7. Общая теория статистики. Для программированного обучения / А.Л. Пасхавер, А.Л. Яблочник. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 432 с.

8. Дозування часткової міоектомії з рецесією нижнього косоного м'яза / В.І. Ємченко, В.М. Сидоренко, Н.Г. Кирилаха // Офтальмологічний журнал. – 2003. – № 3. – С. 14–19.

THE ADEQUACY OF A COMPUTER SYSTEM AND DETERMINATION OF THE MAIN INDICATORS CONCERNING PREOPERATIVE PLANNING IN OPHTHALMOLOGY

D. Kukharenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, Ukraine, 39600. E-mail: dimon-dimonovich@mail.ru

O. Avrunin

Kharkiv National University of Radio Electronics
prosp. Lenina, 14, Kharkiv, Ukraine, 61166. E-mail: gavrun@list.ru

T. Muntyan

Kremenchuk economy, information technologies and management university
vul. Proletars'ka 24/37, Kremenchuk, Ukraine, 39600. E-mail: kueitu@kueitu.com

For the successful surgical interference on oculomotor muscles it is recommended to apply the computer system of the preoperative planning of strabismus surgical correction. By using the computer system for an operation planning, an ophthalmic surgeon will be able to choose the optimum tactic of surgical treatment and dosage of operative interferences for a certain patient. The adequacy of the proposed model was verified using two basic criteria - Fisher and Student. The discriminant analysis of the input parameters was carried out; it means that the main factors that will affect on the preoperative planning were identified. It is determined what a factor is, and what a response is in a statistical analysis model. Identification of significant parameters will allow to use the computer system in surgical practice in a most productive way. It is proposed to use in preoperative surgical planning the computer system that increases the effectiveness of surgery by 27 %.

Key words: computer system, preoperative planning, statistical analysis, model adequacy.

REFERENCES

1. "Human Anatomy" (2014), available at: http://www.anatomus.ru/chuvstva/zrenie_glaz.html (accessed March 15, 2014).

2. Kukharenko, D.V., Avrunin, O.G. (2013) "Stages of creation of computer system before surgical correction's operational planning of squint", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6/9, no. 66, pp. 26–31.

3. Kukharenko, D.V., Mospan, V.O. and Yemchenko, V.I., "The method of calculating the coordinates of objects on the surface of the eyeball", Pat. 37269, Ukraine, MPK A61B 3/00, № u200806807; applied 19.05.2008; publ. 25.11.2008, Bull. no. 22.

4. Kukharenko, D.V., Yemchenko, V.I. and Kyrylakha, N.G., "The method of calculation of the moments of forces on the surface of the eye muscles of the eyeball model", Pat. 80907, Ukraine, MPK A61B 3/00, № u201300461; applied 14.01.2013; publ. 10.06.2013, Bull. no. 11.

5. Kukharenko, D.V. (2009) "Creating three-dimensional computer program for modeling zones Ex-

amples ripen the eye muscles to the surface of the model of full-time-apples", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, iss. 4, no. 57, pp. 50–52.

6. Ferster, E. and Rents, B. (1983), *Metody korrelyatsionnogo i regressionnogo analiza: Rukovodstvo dlya ekonomistov* [Methods of correlation and regression analysis: Guide for Economists], Economics and Statistics, Moscow, Russia.

7. Paskhaver, A.L. and Yablochnik, A.L. (1983), *Obshaya teoriya statistiki. Dlya programmnoho obucheniya* [General Theory of Statistics. For programmed instruction], Finance and Statistics, Moscow, Russia.

8. Yemchenko, V.I., Sidorenko, V.M. and Kyrylakha, N.G. (2003), "Dosage partial myoeotomy recession of the lower oblique muscle", *Ophthalmologic Journal*, vol. 3, pp. 14–19.

Стаття надійшла 27.11.2014.