

Інформаційні технології в медицині

УДК 519.876.5:331.44

Л.Ф. Сайковская

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ЗРИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

В работе предложен способ оценки текущего функционального состояния оператора зрительного профиля с использованием корреляционного метода. Показана возможность определения оптимального набора показателей функционального состояния человека с помощью значения мультиколлинеарности и возможность использования мультиколлинеарности в качестве интегративного показателя для оценки функционального состояния оператора в процессе решения зрительных задач.

Ключевые слова: корреляционный метод, оценка текущего состояния оператора, функциональное состояние человека.

Введение

Повсеместная компьютеризация и информатизация производства, обучения и быта привели к тому, что значительная часть населения занята зрительным трудом. Результатом длительной и напряженной работы с ПК является умственное и эмоциональное утомление. Длительное некомпенсируемое утомление может привести к переутомлению, которое характеризуется переходом от функциональных изменений в организме к органическим.

Для оценки функционального состояния оператора, определения показателей функционального состояния, коррелирующих с изменением работоспособности, момента наступления утомления используют методы регистрации деятельности различных систем организма. Чаще всего используются данные электрокардиограмм, электроэнцефалограмм, электромиограмм, электроокулограмм, частота пульса и дыхания, состав выдыхаемых газов и др. [1]. На основании этих показателей строятся статистические модели или определяются интегративные показатели, являющиеся различными комбинациями экспериментальных данных [2, 3, 4, 5]. Недостатком большинства предложенных методов является то, что функциональное состояние оператора определяется без учёта характеристик зрительной и центральной нервной систем (ЦНС) и особенностей их функционирования в процессе решения зрительных задач.

Поскольку функциональное состояние зрительной и центральной нервной систем и его динамика существенно влияет на качество и скорость приема визуальной информации оператором, исследования в данной области представляются особенно актуальными.

Целью работы является оценка текущего функционального состояния оператора зрительного профиля в динамике зрительного труда с бумажными и электронными носителями информации при использовании корреляционного метода.

1. Материалы и методы

Для исследования функционального состояния оператора зрительного профиля в процессе зрительного труда был использован корреляционный метод [6, 7]. Этот метод даёт возможность оценить мощность вклада каждого из исследованных показателей в общее функциональное состояние, выявить влияние разных видов зрительной нагрузки на функциональное состояние зрительной системы, исследовать степень напряжения зрительной системы в процессе зрительного труда.

При исследовании функционального состояния оператора зрительного профиля определялись показатели, характеризующие зрительную систему (острота зрения, резервы аккомодации, ближайшая точка ясного зрения, критическая частота слияния мельканий (КЧСМ)) и ЦНС (КЧСМ и скорость рефлекторной реакции) [8, 9] дважды: до и после зрительного труда. Эти показатели позволяют оценить разные свойства исследуемых систем организма оператора, обеспечивающих профессиональную деятельность. Но их достаточно много, что затрудняет определение его функционального состояния. Оптимальным в данном случае является получение одного или нескольких показателей, позволяющих с достаточной точностью определять функциональное состояние оператора в процессе профессиональной деятельности. Эту задачу в полной мере позволяет решить использование корреляционного метода. Корреляционные матрицы функционального со-

стояння оператора показывают степень связи между показателями функционального состояния [7, 10]. Таким образом, анализ корреляционных матриц позволяет выявить наиболее тесно связанные между собой показатели, исключить их и получить оптимальный набор показателей, характеризующий функциональное состояние испытуемых.

Для нахождения корреляционных матриц до и после зрительного труда результаты исследований функционального состояния испытуемых сводились в матрицы начального функционального состояния до \mathbf{Y} и после \mathbf{V} зрительного труда размерностью $k \times n$, где k – это количество показателей, а n – количество испытуемых. При этом полагалось, что столбцы y_j ($j \in 1, k$) матрицы \mathbf{Y} и v_j ($j \in 1, k$) матрицы \mathbf{V} являются взаимно независимыми векторами с одинаковыми векторами средних значений и ковариационными матрицами (КМ).

Для нахождения корреляционных матриц до \hat{F}_{HY} и после \hat{F}_{HV} зрительного труда использовали преобразование подобия [11, 12]:

$$\hat{F}_H = D^{-1/2} \cdot \hat{F} \cdot D^{-1/2},$$

где D – это диагональная матрица, элементами которой являются диагональные элементы матрицы \hat{F} ,

\hat{F} – максимально правдоподобная оценка матрицы исходных данных \mathbf{Y} , полученной по исходным матрицам до и после зрительного труда, используя метод максимального правдоподобия [13]:

$$\hat{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \cdot Y_i^T - \bar{Y} \cdot \bar{Y}^T,$$

где n – количество строк исходной матрицы.

Аналогично находили максимально правдоподобную оценку для матрицы исходных данных после работы \mathbf{V} .

Расчёт корреляционных матриц проводился с помощью стандартных процедур пакета прикладных программ Matlab.

Для нахождения оптимального набора показателей по полученным корреляционным матрицам вычислялся показатель мультиколлинеарности M до и после зрительного труда. Показатель M отражает тесноту связей между исследуемыми функциональными показателями, а с физиологической точки зрения характеризует степень напряжения функциональной системы. Известно, что напряжение характеризуется активацией функций системы, что приводит к росту тесноты связей между показателями и, следовательно, росту показателя M [10, 14].

Расчёт мультиколлинеарности производился по формуле:

$$M = - \left(n - 1 - \frac{(2m + 5)}{6} \right) \ln(D);$$

где n – величина выборки каждого из анализируемых параметров, m – количество параметров, D – определитель матрицы коэффициентов парной корреляции между анализируемыми параметрами.

Полученный в результате расчётов коэффициент M сравнивается со стандартным значением χ^2 [10]:

$$\chi^2 = \frac{m(m-1)}{2}.$$

В случае превышения им стандартного значения наличие мультиколлинеарности считается доказанным.

Уменьшение параметра мультиколлинеарности проводилось согласно алгоритма, представленного на рис. 1, построенного с использованием метода исключения переменных [13, 15].

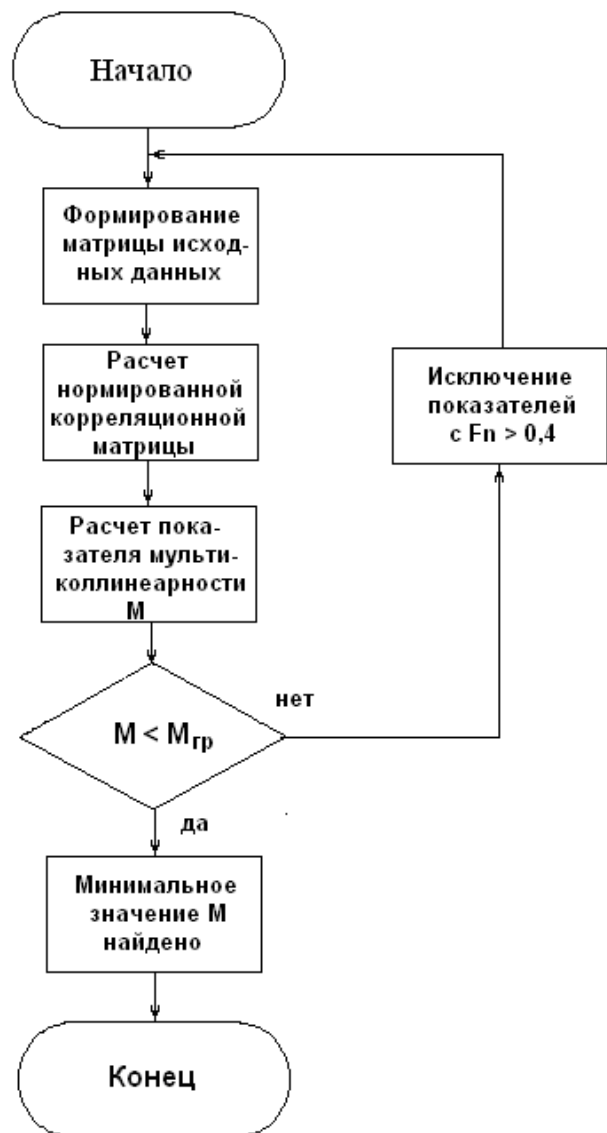


Рис. 1. Алгоритм уменьшения параметра мультиколлинеарности

Минимальное значение показателя мультиколлинеарности указывает, что отобраны функциональные показатели, которые наиболее точно характеризует степень напряжения зрительной системы испытуемых [16].

Оценку текущего функционального состояния можно проводить, используя показатели мультиколлинеарности матриц начального M_n и конечного M_k функционального состояния, определяемые по оптимальному набору показателей функционального состояния по следующей формуле:

$$S = \frac{M_k}{M_n},$$

где S – показатель степени утомления.

2. Результаты и их обсуждение

В исследовании приняло участие 64 испытуемых, возраст которых составил $21,9 \pm 0,6$ года без зрительной патологии, которым было предъявлено 4 вида зрительной нагрузки (текст на ПК, игра на мобильном телефоне, игра на ПК пасьянс «Косынка», текст на бумажном носителе), длительность выполнения зрительных задач составила 1 час. Для оценки текущего состояния испытуемых были определены такие показатели их функционального состояния до и после зрительного труда, как:

- острота зрения,
- положительные резервы аккомодации правого РА+ OD и левого РА+ OS глаз,
- ближайшая точка конвергенции БТК,
- тревожность Т,
- работоспособность Р,
- активность А,
- настроение Н,
- самочувствие С,
- показатели КЧСМ на красный, зеленый, синий и желтый цвета,
- количество ошибочных ответов и время реакции.

На основании проведенного расчёта корреляционных матриц и используя алгоритм, представ-

ленный на рис. 1, были выбраны наименее связанные показатели, позволяющие охарактеризовать функциональное состояние испытуемых. Такими показателями являются положительный резерв аккомодации правого глаза, ближайшая точка конвергенции, КЧСМ желтого цвета, показатель, характеризующий работоспособность, а также количество ошибочных реакций, определяемое при помощи рефлексометров двух типов и скорость рефлекторной реакции.

Расчёты корреляционных матриц показали, что полученные значения коэффициентов корреляции между показателями находятся в пределах от -0,4 до +0,4. Это свидетельствует об отсутствии тесной связи.

Расчитанные показатели мультиколлинеарности и показатели степени утомления представлены в табл. 1.

Классификация функциональных состояний операторов по показателю степени утомления S проводилась согласно критериев, предложенным А.О. Навакатикяном с соавторами [17].

Из представленных в таблице результатов видно, что все виды зрительных задач в той или иной мере вызывают напряжение исследуемой системы, что отражено достоверным ростом показателя M в сравнении с исходным состоянием. Показатель степени утомления S указывает на значительное влияние игры на мобильном телефоне и компьютерной игры пасьянс «Косынка» на степень мобилизации исследуемой системы.

Полученные значения S , равные 3,2 и 3,3, значительно превышают допустимое значение 1,5. Таким образом, они указывают на среднюю степень утомления испытуемых.

Для зрительного труда со зрительной нагрузкой «текст на ПК» и «текст на бумаге» показатели степени утомления S составляют 1,45 и 1,41 соответственно.

Согласно классификации такое значение S соответствует низкой степени утомления испытуемых.

Таблица 1

Значения показателя мультиколлинеарности (M) и показателя степени утомления (S) при разных видах визуальной нагрузки

Вид нагрузки	Число степеней свободы	Показатель мультиколлинеарности		Показатель степени утомления
		До работы	После работы	
Текст на ПК	15	12,4	18,09*	1,45
Текст на бумаге	15	12,9	18,2	1,41
Игра на мобильном телефоне	15	9,9	31,3*	3,16
Пасьянс «Косынка»	15	11,9	39,4*	3,3

* – показатель значимый на уровне $p < 0,05$

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Использование корреляционного метода и алгоритма уменьшения мультиколлинеарности позволяет найти оптимальный набор показателей функционального состояния оператора, что дает возможность существенно уменьшить временные затраты для оценки текущего состояния оператора.

2. Показатель степени утомления S , рассчитанный по данным, полученным при исследовании функционального состояния операторов до и после зрительного труда, позволяет оценить текущее функциональное состояние системы и может быть использован в качестве интегративного показателя для оценки функционального состояния оператора в процессе решения зрительных задач.

Список литературы

1. Бурилич И.Н. Комплексная диагностика функциональных состояний по данным психологических и физиологических экспериментов / И.Н. Бурилич, Н.А. Корневский, Т.М. Шотланд // Вестник новых медицинских технологий. – 2003. – №3. – С. 44-45.
2. Зараковский Г.М. Закономерности функционирования эрратических систем [Текст] / Г.М. Зараковский, В.В. Павлов. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.
3. Черняк А.Н. Нейрокомпьютеринг психофизиологического состояния человека / А.Н. Черняк, Е.Н. Довгялло, Ю.Г. Выхованец, Г.И. Миронова // Вестник гигиены и эпидемиологии ДонДМ. – 2001. – Том 5, №1. – С. 41-43.
4. Онопчук Ю.Н. Методы математического моделирования и управления в теоретических исследованиях и решении прикладных задач спортивной медицины и физиологии / Ю.Н. Онопчук, А.Г. Мисюра // Спортивна медицина. – 2008. – № 1. – С. 181-188.
5. Кузьмина К.И. Современные информационные технологии для изучения механизмов индивидуальной психофизиологической адаптации человека / К.И. Кузьмина, Т.М. Сёмик, Т.А. Андон // Проблемы програмування. – 2008. – № 2-3. – С. 695-702.
6. Мирский Г.Я. Характеристики стохастической взаимосвязи и их измерения / Г.Я. Мирский. – М.: Энергоиздат, 1982. – 320 с.
7. Виленкин С.Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций / С.Я. Виленкин. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.
8. Кочина М.Л. Атоматизированный комплекс для диагностики функционального состояния пользователей ПК / М.Л. Кочина, Л.Ф. Сайковская // Радиотехника: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. – 2006. – Вып. 146. – С. 49-54.
9. Кочина М.Л. Подходы к моделированию функционального состояния зрительной системы / М.Л. Кочина, С.Н. Ладо, Н.П. Полетова, Л.Ф. Сайковская, А.В. Яворский // Кибернетика и вычислительная техника. – 2009. – Вып. 159. – С. 19-27.
10. Фёрстер Э. / Э. Ферстер, Ю. Ренц. Методы корреляционного и регрессионного анализа. – М.: Финансы и статистика. – 1983. – 302 с.
11. Беллман Р. Введение в теорию матриц / Р. Беллман. – М.: Наука, 1969. – 368 с.
12. Стренг Г. Линейная алгебра и ее применение / Г. Стренг. – М.: Мир, 1980. – 460 с.
13. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Книга первая / Б.Р. Левин. – М.: Советское радио, 1969. – С. 752.
14. Кальниш В.В. Изменение уровня связности функций различных систем организма при сменной работе оперативного персонала энергопредприятия / В.В. Кальниш // Актуальные вопросы физиологии умственного труда. Тез. докл. симпоз. – К., 1993. – С. 24-26.
15. Минцер О.П. Методы обработки медицинской информации / О.П. Минцер, Б.Н. Угаров, В.В. Власов. – К.: Выща школа, 1982. – 158 с.
16. Кальниш В.В. Современные подходы к анализу операторской деятельности // Український журнал з проблем медицини праці. – 2009. – №4 (20). – С. 75-85.
17. Navakatikyan A.O. VDT-users; efficacy: Methods of investigation and assessment criteria / A.O. Navakatikyan, V.V. Kalnish, V.M. Martirosova [et al.] // International Conference on Work with Display Units; Proceedings. Stockholm. – 1986. – P. 10-13.

Поступила в редколлегию 20.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.И. Цопа, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ВИКОРИСТАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОТОЧНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА ЗОРОВОГО ПРОФІЛЮ

Л.Ф. Сайківська

В роботі запропоновано спосіб оцінки поточного функціонального стану оператора зорового профілю з використанням кореляційного методу. Показана можливість визначення оптимального набору показників функціонального стану людини за допомогою значення мультиколінеарності і можливість використання мультиколінеарності в якості інтегративного показника для оцінки функціонального стану оператора в процесі вирішення зорових завдань.

Ключові слова: кореляційний метод, оцінка поточного стану оператора, функціональний стан людини.

USE OF CORRELATION METHODS TO ASSESS THE CURRENT CONDITION OF VISUAL TYPE OPERATOR

L.F. Saikivska

In the work, we introduce method of estimating the current condition of visual type operator. The possibility of determining the optimal set parameters of the functional human condition using the multicollinearity value. The possibility of using multicollinearity as an integrated index to assess the current condition of visual type operator.

Keywords: correlation method, the assess the current condition of operator, the functional human condition.