

УДК 519.876.5:331.44

М.Л. Кочина, Л.Ф. Сайковская

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков*

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ЗРИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

*В работе предложен алгоритм оценки функционального состояния оператора зрительного профиля и информационная технология, позволяющая оценить функциональное состояние оператора зрительного профиля в процессе решения зрительных задач разного вида. Показана возможность использования показателя мультиколлинеарности матриц для оценки степени напряжения исследуемой функциональной системы и возможность ее использования в качестве интегративного показателя для оценки функционального состояния оператора в процессе решения зрительных задач.*

**Ключевые слова:** информационная технология, оценка состояния человека, функциональное состояние человека.

### Введение

Значительное распространение персональных компьютеров (ПК) во всех сферах деятельности предъявляет высокие требования к таким характеристикам человека, как точность, скорость мышления, быстрота реакций, что приводит к значительной нагрузке на органы и системы организма. Работа операторов зрительного профиля, связанная с восприятием информации с экрана дисплея, требует повышенных зрительных и умственных усилий, большого нервно-эмоционального напряжения, решения в ограниченное время сложных задач, высокой концентрации внимания и особой ответственности выполнения производственного задания [1, 2]. Высокие требования к зрительной системе, нервное напряжение, а также монотонный характер труда и вынужденная рабочая поза вызывают большое количество жалоб работающих на повышенное общее и зрительное утомление, что может приводить, с одной стороны, к нарушению здоровья, с другой – к снижению качества выполнения производственных заданий.

Для успешного выполнения профессиональных обязанностей и сохранения здоровья работающих возникает необходимость в оценке их функционального состояния в процессе профессиональной деятельности, что требует создания современных устройств и разработки новых диагностических методов.

Прогрессивным инструментом для разработки критериев оценки функционального состояния человека в процессе разных видов деятельности является моделирование, при котором используются различные математические методы и подходы [3 – 11]. Использование математических моделей позволяет обеспечить построение новых систем оценок функционального состояния организма, прогнозировать его изменения под действием разных видов

нагрузки, определить функциональный оптимум организма.

Актуальной задачей является создание информационных технологий и технических систем для их реализации, позволяющих оценить функциональное состояние организма человека в процессе разных видов деятельности.

**Целью работы** является разработка информационной технологии для оценки функционального состояния оператора зрительного профиля и алгоритма ее реализации.

### 1. Материалы и методы

Для оценки функционального состояния оператора зрительного профиля были использованы показатели, характеризующие зрительную систему (острота зрения правого и левого глаз и бинокулярно, резервы аккомодации, ближайшие точки ясного зрения и конвергенции, критическая частота слияния световых мельканий (КЧСМ) трех цветов – красного, зеленого, синего и желтого) и центральную нервную систему (показатели КЧСМ, время простой и сложной зрительно-моторной реакции, количество ошибок). Для интегральной оценки состояния организма использованы значения электрокожного сопротивления в репрезентативных точках, соответствующих ЦНС и зрительной системе. Для самооценки функционального состояния испытуемых был использован тест ТРАНС (тревожность, работоспособность, активность, настроение, самочувствие).

Для оценки функционального состояния оператора зрительного профиля нами был использован корреляционный метод [12 – 15]. Данный метод позволил решить несколько задач: оценить мощность вклада каждого из исследованных показателей в функциональное состояние оператора; выявить влияние разных видов зрительной нагрузки на

функциональное состояние оператора путем определения матрицы преобразования из исходного в конечное состояние; исследовать степень напряжения и мобилизации организма в процессе зрительного труда. В исследовании приняло участие 80 испытуемых молодого возраста (средний возраст  $21 \pm 1,5$  года) без зрительной патологии, которым было предъявлено 4 вида зрительной нагрузки (текст на ПК, игра на мобильном телефоне, игра на ПК, текст на бумажном носителе), длительность выполнения зрительных задач составила 1 час. Для моделирования были использованы следующие показатели: острота зрения, резервы аккомодации, положение

ближайших точек ясного зрения и конвергенции, показатели теста ТРАНС, показатели КЧСМ трех цветов (красного, желтого, зеленого).

## 2. Результаты и их обсуждение

Алгоритм использования корреляционного метода, позволяющий оценить вклад каждого из информативных показателей в общее состояние, исследовать функциональное состояние оператора в динамике зрительного труда, определить степень напряжения и мобилизации организма представлен на рис. 1. Алгоритм реализован в пакете прикладных программ Matlab.

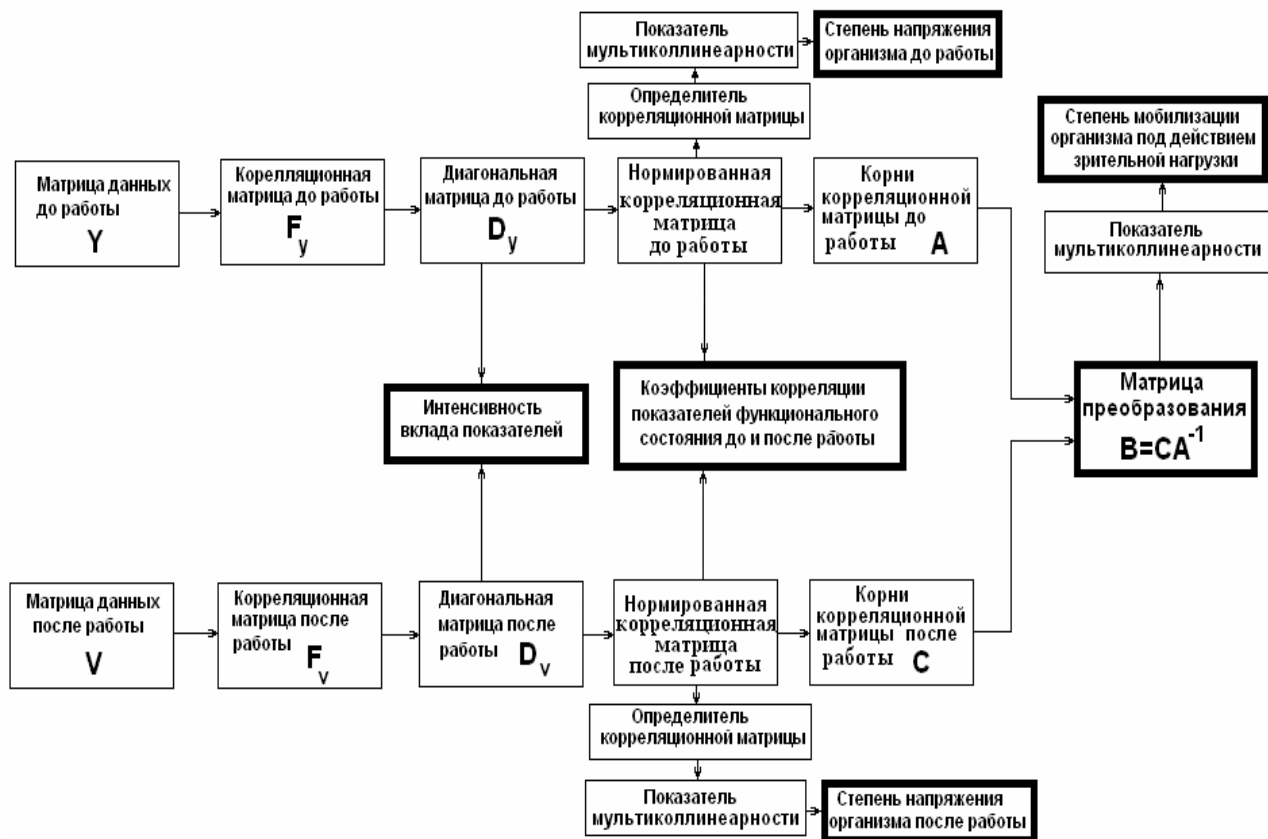


Рис. 1. Алгоритм оценки функционального состояния оператора в процессе зрительного труда

Матрицу данных до работы образуют показатели, характеризующие исходное функциональное состояние оператора. Количество и характер используемых данных определяется поставленными в исследовании задачами. Корреляционный метод позволяет использовать разные сочетания показателей функционального состояния и отобрать наиболее информативные. В данной работе выбраны показатели, характеризующие состояние зрительной системы, ЦНС, показатели самооценки. Матрицу данных после работы образуют конечные значения исследуемых показателей. Матрица преобразования связывает начальное и конечное состояние системы и характеризует влияние вида зрительной нагрузки на функциональное состояние оператора.

Предлагаемый алгоритм позволяет получать информацию на нескольких этапах ее обработки. На рис. 1 жирно выделены клеточки, соответствующие разным этапам получения информации. Так, в процессе работы с корреляционными матрицами получают диагональные матрицы, анализ которых позволяет оценить интенсивность вклада каждого из исследуемых показателей в функциональное состояние оператора. Уже на этом этапе обработки информации можно отбросить показатели, вклад которых в функциональное состояние мал (коэффициент корреляции не превышает 0,3).

Знание матрицы преобразования  $B$  позволяет прогнозировать результаты влияния вида зрительной нагрузки на функциональное состояние опера-

тора по его исходному состоянию.

Анализ нормированных корреляционных матриц позволяет выявить наиболее тесно связанные между собой показатели.

В качестве интегративного показателя функционального состояния оператора нами использован показатель мультиколлинеарности (М) [12]. На значение М существенное влияние оказывает наличие сильной корреляции между исследуемыми показателями. Показатель мультиколлинеарности (М) вычислялся по следующей формуле:

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

где n – величина выборки каждого из анализируемых признаков;

m – количество признаков;

D – определитель матрицы коэффициентов парной корреляции между анализируемыми признаками.

Показатель М с физиологической точки зрения характеризует степень напряжения функциональной

системы. Известно, что напряжение функциональной системы сопровождается активацией ее функций, что приводит к росту тесноты связей между показателями и, следовательно, к росту показателя М [16, 17]. Таким образом, показатели М матриц исходных и конечных состояний позволяют описать состояние системы. Показатель мультиколлинеарности матрицы преобразования В отражает степень мобилизации исследуемой системы под действием визуальной нагрузки.

Для примера рассмотрим динамику функционального состояния оператора при работе с текстом, реализованным на ПК.

В табл. 1 представлены средние значения показателей, полученные до и после зрительного труда. Выбор показателей для оценки функционального состояния обусловлен стремлением к минимизации М, поскольку из двух тесно связанных величин в корреляционных матрицах была оставлена только одна.

Таблица 1

Средние значения показателей, характеризующих состояние зрительной системы и ЦНС до и после зрительного труда

| Показатель                                    | Условия регистрации |                     |
|---|---------------------|---------------------|
|   | До работы           | После работы        |
| Резервы аккомодации (Д)                       | 4,6 ± 0,4           | 6,2 ± 0,2* p<0,05   |
| Работоспособность (у.е.)                      | 42,5 ± 4,6          | 23,5 ± 2,2* p<0,01  |
| КЧСМ желтого цвета (Гц)                       | 38,1 ± 0,6          | 42,5 ± 0,06* p<0,05 |
| Время простой зрительно-моторной реакции (мс) | 222,2 ± 8,2         | 250 ± 9,4* p<0,05   |

\* – различия показателей до и после работы достоверны

По цифрам, приведенным в табл. 1, очевидно, что работа с текстом на ПК приводит к достоверному изменению показателей, свидетельствующему об ухудшении функционального состояния испытуемых, поскольку снижается показатель работоспособности и увеличивается время про-

стой зрительно-моторной реакции. В табл. 2 представлены результаты определения показателей мультиколлинеарности при разных видах визуальной нагрузки. Число степеней свободы k для оценки значимости показателя М определялось по формуле  $k = m(m-1)/2$ .

Таблица 2

Значения мультиколлинеарности при разных видах зрительной нагрузки

| Вид нагрузки               | Показатель мультиколлинеарности |              |
|----------------------------|---------------------------------|--------------|
|                            | До работы                       | После работы |
| Текст на ПК                | 11,2                            | 26,1*        |
| Текст на бумаге            | 11,9                            | 21,2         |
| Игра на мобильном телефоне | 9,9                             | 31,3*        |
| Пасьянс «Косынка»          | 11,9                            | 39,4*        |

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

Анализируемые показатели, отобранные для описания системы: резервы аккомодации, показатель работоспособности, время простой зрительно-моторной реакции, количество ошибок, критическая частота слияния световых мельканий (КЧСМ) желтого цвета. Число степеней свободы составило 15.

По приведенным данным очевидно, что все виды зрительной нагрузки, кроме текста на бумажном носителе, вызывают напряжение исследуемой системы, что отражено достоверным ростом показателя М в сравнении с исходным состоянием. Результаты,

представленные в табл. 1 для текста на ПК, подтверждают правильность наших представлений о применимости показателя М для оценки степени напряжения исследуемой системы (в нашем случае системы, обеспечивающей решение зрительных задач).

Проведенные исследования позволили разработать информационную технологию для оценки функционального состояния оператора. На рис. 2 представлена полученная информационная технология.

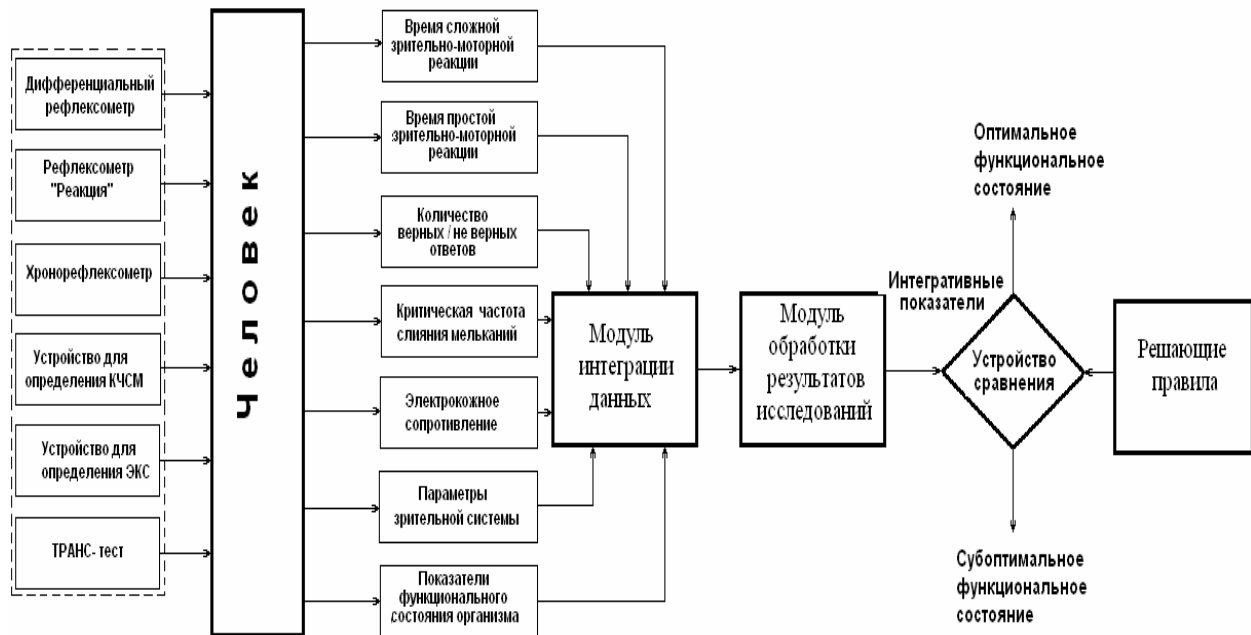


Рис. 2. Информационная технология для оценки функционального состояния оператора зрительного профиля

Данная технология предусматривает получение значений функциональных показателей организма оператора зрительного профиля с использованием автоматизированного комплекса, отмеченного на рис. 2 пунктирной линией.

В соответствии с технологией, полученные функциональные показатели состояния организма группируются и обрабатываются в модулях интеграции и обработки результатов по приведенному на рис. 1 алгоритму. Из них формируются интегративные показатели (например, показатель М), поступающие в устройство сравнения, где происходит сравнение полученных результатов с решающими правилами и на основании этого классифицируется состояние оператора при данном виде зрительной нагрузки.

## Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная информационная технология и алгоритм ее реализации позволяют оценить функциональное состояние оператора зрительного профиля в процессе решения зрительных задач разного вида.

2. Использование корреляционного метода позволяет оценить мощность вклада каждого из исследованных показателей в функциональное состояние оператора; выявить влияние разных видов зрительной нагрузки на функциональное состояние оператора путем определения матрицы преобразования из исходного в конечное состояние; исследовать степень напряжения и мобилизации организма в процессе зрительного труда.

3. Показатель мультиколлинеарности матриц исходного и конечного состояний позволяет оценить степень напряжения исследуемой функциональной системы и может быть использован в качестве интегративного показателя для оценки функционального состояния оператора в процессе решения зрительных задач.

## Список літератури

1. Казарян Э.Э. Влияние компьютеров на соматическое здоровье и орган зрения пользователей / Э.Э. Казарян, В.Р. Мамиконян // *Рефракционная хирургия и офтальмология*. – 2003. – Т. 3, № 1. – С. 77-81.
2. Компьютерный зрительный синдром. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [www.vision.ochkat.net/content/view/36/35/](http://www.vision.ochkat.net/content/view/36/35/)
3. Безбогов А.А. О системном анализе и оценивании функционирования эргатических систем управления / А.А. Безбогов, Ю.Ю. Громов, С.В. Данилкин, В.М. Тютюнник // *Инженерная физика*. – 2005. – № 4. – С. 65-68.
4. Зараковский Г.М. Закономерности функционирования эргатических систем / Г.М. Зараковский, В.В. Павлов. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.
5. Бондаренко М.Ф. Про моделі позащитної поведінки інтелектуальних систем / М.Ф. Бондаренко, А.Л. Єрохін // *Проблеми біоники*. – 2004. – № 60. – С. 7-16.
6. Принципы и методы создания информационных моделей в автоматизированных системах управления / А.Ю. Козак, Е.Ю. Орлова, Д.Ю. Кучерявый // *Труды Одесского политехнического университета*. – Одесса, 2002. – Вып. 2(18). – С. 1-5.
7. Черняк А.Н. Нейрокомпьютинг психофизиологического состояния человека / А.Н. Черняк, Е.Н. Довгялло, Ю.Г. Выхованец, Г.И. Миронова // *Вестник гигиены и эпидемиологии ДонДМ*. – 2001. – Т. 5, №1. – С. 41-43.
8. Черняк А.Н. Нейросетевое моделирование в распознавании психофизиологического состояния человека / А.Н. Черняк, В.Г. Гурьянов, Ю.Г. Выхованец // *Вестник гигиены и эпидемиологии*. – 2001. – Т. 5, № 2. – С. 196-198.
9. 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.
10. Воробьев В.М. Формализация критерия системной эффективности функционирования эргатических систем / В.М. Воробьев, В.А. Захарченко, А.А. Кичигин // *Проблеми інформатизації та управління*. – 2004. – № 10. – С. 68-71.
11. Кузьмина К.И. Современные информационные технологии для изучения механизмов индивидуальной психофизиологической адаптации человека / К.И. Кузьмина, Т.М. Сёмик, Т.А. Андон // *Проблеми програмування*. – 2008. – № 2-3. – С. 695-702.
12. Фёрстер Э. / Э. Ферстер, Ю. Ренц. Методы корреляционного и регрессионного анализа. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 302 с.
13. Мирский Г.Я. Характеристики стохастической взаимосвязи и их измерения / Г.Я. Мирский. – М.: Энергоиздат, 1982. – 320 с.
14. Виленкин С.Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций / С.Я. Виленкин. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.
15. Айвазян С.А. Основы моделирования и первичная обработка данных / С.А. Айвазян, П.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
16. 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. симпозиума*. – К., 1993. – С. 24-26.
17. Кальниш В.В. Изменение напряжения подсистем организма у лиц, работающих посменно / В.В. Кальниш // *Медицина труда и промышленная экология*. – 1994. – № 11. – С. 36-39.

Поступила в редколлегию 9.09.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.И. Чумаков, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА ЗОРОВОГО ПРОФІЛЮ

М.Л. Кочина, Л.Ф. Сайківська

У роботі запропонований алгоритм оцінки функціонального стану оператора зорового профілю і інформаційна технологія, що дозволяє оцінити функціональний стан оператора зорового профілю в процесі рішення зорових задач різного вигляду. Показана можливість використання показника мультиколінеарності матриць для оцінки ступінь напруги досліджуваної функціональної системи і можливість її використання як інтеграційного показника для оцінки функціонального стану оператора в процесі рішення зорових задач.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, оцінка стану людини, функціональний стан людини.

### INFORMATION TECHNOLOGY FOR ESTIMATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF OPERATOR OF VISUAL TYPE

M.L. Kochina, L.F. Sajkovskaya

The algorithm of estimation of the functional state of operator of visual type and information technology, allowing to estimate the functional state of operator of visual type in the process of decision of visual tasks of different kind is offered in work. Possibility of the use of index of multicollinearity matrices is shown for an estimation degree of tension of the explored functional system and possibility of its use as an integrative index for the estimation of the functional state of operator in the process of decision of visual tasks.

**Keywords:** information technology, estimation of the state of man, functional state of man.