

Раздел I. Модели и методы оценки и коррекции психофизиологического состояния человека-оператора

УДК 004.652.3

В.А. Воловоденко, О.Г. Берестнева

МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

Работа посвящена проблеме оценки состояния человека-оператора на основе анализа многомерных данных. Рассмотрены существующие методы и подходы, в том числе предложенный авторами метод визуализации многомерных данных. Методы визуализации позволяют исследователю одним взглядом обнаружить особенности, выявить закономерности и аномалии в больших объемах информации. Основной задачей визуализации данных является задача получения визуального образа, однозначно соответствующего набору данных. Авторами предложен подход, который позволяет провести визуализацию основных линейных конструкций: отрезок, ломаная линия, симплекс в многомерных пространствах. Представление многомерного наблюдения в виде двумерного образа (кривой) гарантирует, что близким по значениям наблюдениям будут соответствовать визуально близкие образы-кривые; для сильно различающихся по значениям наблюдений их образы-кривые будут заметно отличаться. Представлен алгоритм построения таких графических образов. Обоснована возможность использования данного подхода для оценки динамики состояния человека-оператора.

Человек-оператор; методы визуализации; когнитивная графика; оценка динамики состояния.

V.A. Volovodenko, O.G. Berestneva

VISUALIZATION METHODS IN THE ASSESSMENT OF THE CONDITION OF THE PERSON OPERATOR

The work is devoted to the assessment of the human operator based on the analysis of multivariate data. The existing methods and approaches, including the authors of the proposed method for visualizing multidimensional data. Imaging techniques allow researchers to detect features at a glance, identify patterns and anomalies in large volumes of information. The main task of data visualization is the problem of obtaining a visual image that is uniquely appropriate set of data. The authors propose an approach that allows for visualization of the basic linear structure: a segment, a broken line, the simplex in multidimensional spaces. Presentation of multivariate observations in a two-dimensional image (the curve) will ensure that close to the values observed are consistent with a visually similar images, curves, and for very different values for the observation of images of the curves are significantly different. An algorithm for constructing such graphic images. The possibility of using this approach for the assessment of the state of the human operator.

Human operator; imaging techniques; cognitive graphics; dynamic assessment of the state.

Показатели функционирования систем «человек-машина» при постоянных параметрах технических средств и среды в значительной мере зависят от состояния человека-оператора. Существует два основных способа оценки функционального состояния человека: субъективный и объективный. При объективном способе оценки с помощью специальных приборов, прежде всего медицинских, контролируют признаки утомления (увеличение времени реакции, уменьшение сопротивления человеческого тела, учащение сердцебиения, изменение артериального давле-

ния, температуры тела и др.). Субъективные способы более деликатны, точны и полно отражают изменение работоспособности и утомления. И в том, и в другом случае оценка состояния человека-оператора проводится на основе обработки и анализа достаточно большого количества параметров. В настоящее время известно множество подходов для решения задач оценки состояния человека-оператора на основе анализа многомерных данных.

Например, для многих современных автоматизированных комплексов особенностью некоторых видов операторской деятельности является необходимость одновременного выполнения различных действий и операций, направленных на решение не связанных между собой задач (например, управление подвижным объектом, наблюдение, ориентировка, контроль над вспомогательными приборами и др.). В [1] для исследования физиологических процессов, сопутствующих выполнению деятельности такого рода, предложена концепция адаптивной модели совмещенной деятельности человека-оператора. Эта модель представляет собой совокупность двух задач: логической задачи, связанной с решением математической задачи в установленных временных рамках, и задачи преследования – удержание визира в заданной области. Адаптивность этих задач заключается в том, что сложность их возрастает при успешном выполнении либо понижается в противном случае, что позволяет обеспечить работу оператора на пределе его функциональных возможностей по каждому информационному каналу. Это дает возможность сравнить деятельность различных операторов. Модель позволяет выделить ряд показателей, с помощью которых оценивается успешность выполнения операторской деятельности, характеризующих выполнение задачи преследования (совмещение визира и мишени) по каждой из координат, правильность решения логической задачи, и время, затраченное испытуемым на это решение. Следует отметить, что, несмотря на достаточно большое количество работ по созданию комплексных методов оценки функциональных состояний, данная проблема по-прежнему остается актуальной.

В настоящее время накоплен обширный арсенал средств анализа многомерных данных на основе методов визуализации данных (линейные методы снижения размерности, нелинейные отображения, многомерное шкалирование, заполняющие пространство кривые) [2].

Методы визуализации позволяют исследователю одним взглядом обнаружить особенности, выявить закономерности и аномалии в больших объемах информации. Основной задачей визуализации данных является задача получения визуального образа, однозначно соответствующего набору данных. В данной статье рассмотрен подход [3–5], который позволяет провести визуализацию основных линейных конструкций: отрезок, ломанная линия, симплекс в многомерных пространствах. Основой визуализационного подхода является линейное преобразование значений многомерного наблюдения A в двумерную кривую $f_A(t)$, т. е. $A \leftrightarrow f_A(t)$, при этом гарантируется, что близким по значениям наблюдениям A и B будут соответствовать визуально близкие образы-кривые $f_A(t)$ и $f_B(t)$; для сильно различающихся по значениям наблюдений их образы-кривые будут заметно отличаться.

В рассматриваемом случае наиболее общей формой представления данных является вектор конечномерного пространства R_n :

$$A = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}) \in R_n. \quad (1)$$

Для перехода от данного вектора к визуальному образу будет использоваться базис ортонормированных функций $\{\varphi_i(\tau)\}_{i=0}^{\infty}$. В качестве такого базиса можно использовать известные функции, в частности ортонормированные полиномы Лежандра на отрезке $[0,1]$, множество которых мы обозначим через $\{l_i(\tau)\}_{i=0}^{\infty}$.

В таком случае точке с координатами $A = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_{n-1})$ можно поставить в соответствие функцию

$$F_A(\tau) = \sum_{i=0}^{n-1} a_i l_i(\tau). \quad (2)$$

Формирование вектора A связано с преобразованием данных. Для характеристики наблюдаемого многомерного объекта большую роль играют значения его координат. В большинстве случаев каждый показатель имеет свою единицу измерения, и его значение будет влиять на вид функции $F_A(\tau)$. Для того чтобы исключить влияние разноименности показателей на вид функции $F_A(\tau)$, необходимо перейти к безразмерным единицам одним из известных способов. Следует отметить, что порядок включения показателей в вектор A , также будет влиять на вид функции $F_A(\tau)$. Разница между формулами (1) и (2) заключается в том, что для вектора A из (1) возможно только аналитическое представление, в то время как для функции $F_A(\tau)$ возможно представление в виде графика этой функции. Между (1) и (2) устанавливается однозначная связь в обе стороны, т. е. взаимно-однозначная связь. Если ввести в рассмотрение второй вектор

$$B = (b_0, b_1, b_2, \dots, b_{n-1}) \in R_n,$$

то ему ставится в соответствие функция $F_B(\tau) = \sum_{i=0}^{n-1} b_i l_i(\tau)$.

Будем считать, что функции $F_A(\tau)$ и $F_B(\tau)$ являются визуальными образами точек A и B , принадлежащих пространству R_n (рис. 1).

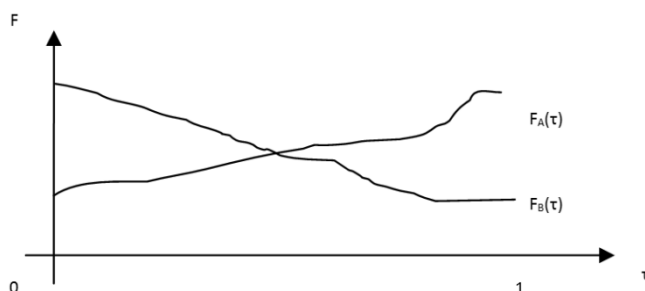


Рис. 1. Визуальные образы точек A и B , принадлежащих пространству R_n

Чем больше кривые неотличимы друг от друга, тем идентичнее наблюдения, которые они представляют, т.е. метод устанавливает взаимно-однозначное соответствие между строками в наборе данных и их кривыми.

Если отобразить кривые наблюдений в трехмерном пространстве, используя третье измерение, называемое также « Z -измерением», как расстояние в многомерном пространстве или промежуток времени между двумя наблюдениями, можно обнаружить много интересных свойств. Ось Z – это ось следования образов. В простейшем случае значения координаты Z совпадает с номером образа, но этой координате можно придать значение расстояния в пространстве признаков от начала координат до образа (объекта).

Представленный подход реализован в пакете *NovoSpark Visualizer* [3, 5], на базе которого авторами был успешно решен ряд прикладных задач анализа и интерпретации многомерных данных в социальной сфере и медицине [5, 6].

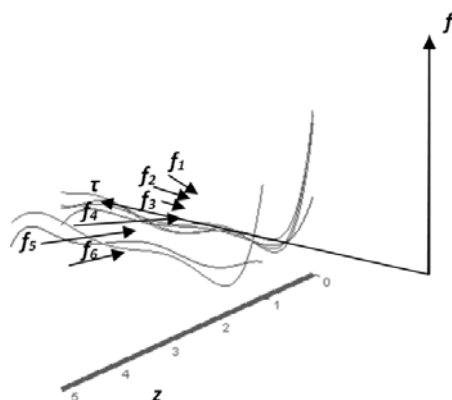


Рис. 2. Пример отображения образов в пространстве (τ, f, z)

Рассмотрим возможности применения данного подхода при решении задач оценки состояния человека-оператора.

Важный момент в оценке функционального состояния человека-оператора – уровень нейropsychического (эмоционального) напряжения. Известно два типа разбалансирования регуляторной функции в этой сфере – гипермобилизация (чрезмерное возбуждение) и развитие тормозных процессов (охранительное торможение). В спортивной практике подобные проявления определяют как разновидности предстартового состояния – "предстартовую лихорадку" и "предстартовую апатию". Для обоих случаев характерны специфические проявления нарушения способности произвольного переключения от состояния релаксации к активации (концентрации на предстоящем действии), и наоборот [1].

Поскольку такая картина отражает объективные процессы, происходящие в организме, оба случая можно определить как полярные проявления психофизического состояния (ПФС). Подобные проявления характеризуют возможность реализации спортсменом его наличного двигательного потенциала и, таким образом, их можно рассматривать как факторы, в значительной степени влияющие на результативность спортивного выступления. Многие исследователи отмечают, что слежение за эмоциональным напряжением позволяет при определенных условиях предсказывать возможное ухудшение работоспособности человека до того, как это произошло [7].

Рассмотрим случай, когда для каждого человека-оператора каким-либо образом можно зафиксировать некоторый «эталон» – некий набор характеристик, соответствующий его «идеальному» психофизиологическому состоянию. Применяя изложенный выше подход построения визуальных образов, можно получить графические состояния образов для любого текущего состояния человека-оператора (рис. 3). На рис. 3 представлены графические образы для трех состояний: 1 – «эталонное» состояние; 2 – состояние психоэмоционального напряжения; 3 – состояние «восстановления».

Таким образом, представление *многомерного* наблюдения в виде *двумерного* образа (кривой) гарантирует, что близким по значениям наблюдениям *A* и *B* будут соответствовать визуально близкие образы-кривые; для сильно различающихся по значениям наблюдений их образы-кривые будут заметно отличаться. Становится возможным автоматически классифицировать наблюдения, определять наиболее важные переменные в модели, производить кластеризацию данных, визуально сравнивать индивидуальные наблюдения и целые наборы данных, а также выполнять много других задач в работе с многомерными данными.

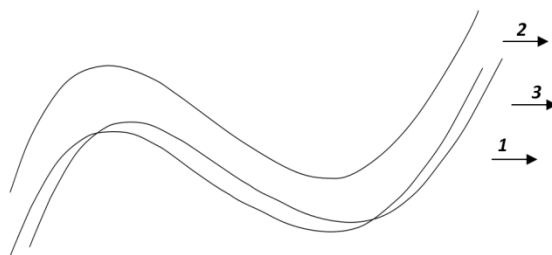


Рис. 3. Графическое отображение различных состояний человека-оператора

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Городецкий И.Г., Захаров Е.С., Скоморохов А.А. Исследование и оценка психофизиологического состояния человека-оператора в процессе выполнения совмещенной операторской деятельности [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://medicom-mtd.com/htm/Pub/issledovanie.htm> (дата обращения 25.11.2011).
2. Дюк В., Эмануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
3. Шаропин К.А., Берестнева О.Г., Воловоденко В.А., Марухина О.В. Визуализация медицинских данных на базе пакета NovoSpark // Известия ЮФУ. Технические науки, 2010. – № 8 (109). – С. 242-249.
4. Шаропин К.А., Берестнева О.Г., Шкатова Г.И. Визуализация результатов экспериментальных исследований // Известия Томского политехнического университета, 2010. – Т. 316, № 5. – С. 172-176.
5. Берестнева О.Г., Пеккер Я.С., Шаропин К.А., Воловоденко В.А. Выявление скрытых закономерностей в медицинских и социально-психологических исследованиях // Аппликативные вычислительные системы: Труды 2-й Междунар. конф. по аппликативным вычислительным системам. – Москва, 29–31 октября 2010. – М.: Институт Актуального образования «ЮрИнфоР-МГУ», 2010. – С. 287-296.
6. Берестнева О.Г., Осадчая И.А., Немеров Е.В. Методы исследования структуры медицинских данных [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. Серия: Медицинские технологии. – 2012 – Т. 2, № 1. – С. 333-338. – Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/245/250>.
7. Жбанков О.В., Карданов В.И. и др. Информационно-методическая система как инструмент оптимизации психофизического состояния кикбоксеров // Теория и практика физ. культуры. – 2001. – № 5. – С. 17-20.

Статью рекомендовала к опубликованию к.э.н., доцент О.В. Воробейчикова.

Берестнева Ольга Григорьевна – ФБГОУ ВПО Национальный исследовательский Томский политехнический университет; e-mail: ogb6@yandex.ru; 634034, г. Томск, ул. Советская, 84/3, тел.: 83822426100; кафедра прикладной математики; д.т.н.; профессор.

Воловоденко Виталий Алексеевич – e-mail: wolcowvav.tpu.ru; тел.: 83822421311; кафедра оптимизации систем управления; к.т.н.; доцент.

Berestneva Olga Grigor'evna – National Research Tomsk Polytechnic University; e-mail: ogb6@yandex.ru; 84/3, Soviet street, Tomsk, 634034, Russia; phone: +73822426100; the department of applied mathematics; dr. of eng. sc.; professor.

Volovodenko Vitaly Alexeevich – e-mail: wolcowvav.tpu.ru; phone: +73822421311; the department of management systems optimization; cand. of eng. sc.; associate professor.