

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ПО КЛАВИАТУРНОМУ ПОЧЕРКУ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ МИНИ-ЗАВОДАХ

Суздальцев А.И., Лобанова В.А., Абашин, В.Г.

В статье представлены алгоритм и математическая модель определения психофизического состояния оператора АРМ нефтеперерабатывающего мини-завода, по изменению клавиатурного почерка.

В условиях опасных и вредных производств, к которым относятся и мини-заводы по переработки нефти, особенно важна роль «человеческого фактора». Особенностью таких производств является их неполная комплектация средствами контроля промежуточных стадий в системе управления технологическим процессом, что повышает зависимость качества выходной продукции от решений оперативного персонала (операторов АРМ).

Например, при переработке нефти, содержащей большое количество парафина, отклонение температуры в ректификационной колонне от оптимальной на несколько градусов дает на выходе повышенное содержание парафина. Во избежание падения качества необходимо ввести регулярный автоматизированный контроль над работой и состоянием оператора в регламенте предприятия и решение этой задачи выделить отдельной процедурой в составе системы управления (СУ) данным технологическим процессом.

В соответствии с действующей на территории России классификацией трудовой деятельности труд оператора АРМ относится к умственному труду[1]. Это связано с тем, что полезная работа, выполняемая оператором, связана с анализом графической и текстовой информации, а физическая нагрузка на мышечный аппарат является побочным, нежелательным эффектом. Кроме того, на физическое состояние влияет сидячий образ работы, т.е. неизменная статическая поза. При этом большинство групп мышц находится в постоянном напряжении, что приводит к быстрой утомляемости, способствует развитию профессиональных заболеваний. Оператор испытывает непрерывные нервно-психические перегрузки, связанные с перенапряжением зрительного аппарата, что также негативно сказывается на его состоянии.

Определение напряженности и тяжести выполняемых работ в конкретной ситуации является непростой задачей. Например, с помощью специального

программного обеспечения достаточно просто определить количество введенных символов, но невозможно определить количество прочитанных символов. Оператор может считывать значения с экрана один раз в минуту или один раз в пятнадцать минут и это может влиять на категорию напряженности труда. Поэтому использование исключительно нормативных значений, не позволяет судить о текущем состоянии оператора в реальных условиях.

Следует учесть, что в случае наличия нарушений в организации работы оператора АРМ, кроме описанных на него могут воздействовать и другие негативные факторы. Следующие факторы, не связанные непосредственно с рабочим местом, могут отрицательно воздействовать на психофизическое состояние оператора:

- наличие вредных веществ в воздухе;
- повышенная температура в помещении;
- наличие запыленности;
- повышенная влажность;
- недостаточная освещенность;
- смена погоды у метеозависимых людей;
- неустойчивые психологические состояния;
- принятие медицинских препаратов, вызывающих сонливость, например аллергиями;
- принятие психотропных препаратов, алкоголя.

Для того чтобы не допустить к работе оператора с неудовлетворительным психофизическим состоянием, а также для получения информации об изменении его состояния в течение всей рабочей смены, необходимо производить измерение его состояния в течение всей рабочей смены. Также необходимо определять начальное психофизическое состояние. Для этого в регламенте предприятия должен быть предусмотрен контроль над психофизическим состоянием в течение рабочей смены.

Наука, занимающаяся измерением параметров свойств биологических объектов, называется биометрия. Известны биометрические методы определения состояния человека в течение рабочей смены (например, по электроэнцефалограмме, кожно-гальванической реакции и т.д.) которые широко

применяются в различных областях жизнедеятельности (космическая, авиационная, железнодорожная отрасли). Все они имеют свои специфические особенности, такие как подключение датчиков непосредственно к человеку или к рабочему месту.

В виду характера условий труда оператора (необходимость вставать, перемещаться по производственному помещению и т.д.) данные методы имеют ограниченный характер применения.

В условиях нефтеперерабатывающего мини-завода задача определения психофизиологического состояния оператора АРМ сформулирована следующим образом: «Для определения психофизического состояния необходимо оценить отклонение текущего психофизического состояния от наилучшего». Учитывая, что психофизическое состояние человека оценивается множеством характеристик (электроэнцефалограмма, кожно-гальваническая реакция, особенностями поведения, развитием торможения моторных функций и т.п.), отслеживание изменения всех характеристик является избыточным.

Исходя из характера работы оператора, для реализации поставленной задачи выбран метод биометрии, обрабатывающий данные клавиатурного почерка, что позволяет определять психофизическое состояние человека с требуемой периодичностью и с возможностью постоянного протоколирования результатов определения этого состояния.

Известно, что клавиатурный почерк человека изменяется при изменении его психофизиологического состояния и основывается на особенностях подсознательных движений при какой-либо деятельности. По сравнению с методами, применяемыми в промышленности, на сегодняшний момент[2] использование клавиатурного почерка имеет следующие преимущества:

- для оператора клавиатура является наиболее естественным способом ввода информации в АРМ, содержащую консоль;
- для получения информации об изменении клавиатурного почерка оператора АРМ в течение смены необходим счетчик времени и контроллер обработки сигналов от устройства ввода информации, при этом никакого дорогостоящего аппаратного обеспечения не требуется;

- измерение клавиатурного почерка не зависит от электромагнитных полей присутствующих на рабочем месте, наличия примесей в воздухе и других внешних факторов.

При использовании выбранного метода точками измерения состояния оператора АРМ являются интервалы нажатий на клавиши и время удержания между нажатиями. Для измерений выбираются последовательности, наиболее часто встречающиеся на протяжении рабочей смены оператора. Максимальная работоспособность приравнивается к наилучшему состоянию оператора, это состояние является эталоном и оценивается в сто процентов работоспособности. Минимальная работоспособность оценивается в ноль процентов. На основании полученной информации происходит определение психофизического состояния оператора АРМ и в дальнейшем формирование управляющего воздействия.

Разработанный алгоритм определения состояния оператора АРМ по параметрам клавиатурного почерка представлен на рисунке 1. Алгоритм поясняет связь между появлением события от устройства ввода информации и математической моделью определения психофизического состояния человека.

Работа алгоритма начинается после получения сообщения, о событии, произошедшем с устройством ввода информации. Далее производится проверка наличия заполненных последовательностей из двух или трех нажатий. Ограничение на длину последовательностей (не более трех нажатий), получены экспериментальным путем и связано с частотой их появления. Для последовательностей состоящих из четырех нажатий, частота их появления составляет не более трех раз в течение рабочей смены, что недостаточно для решения задачи определения психофизического состояния оператора в течение смены.

Следующий этап работы алгоритма заключается в проверке продолжительности выполнения последовательности. В случае превышения общей продолжительности последовательности двенадцати секунд, последовательность отбрасывается.

В качестве инструментария для реализации математической модели выбрана искусственная нейронная сеть (ИНС). В алгоритме она представлена в подпрограмме «Определить номер сработавшего нейрона» и реализована в виде

многослойного персептрона[3], т.е. в виде нелинейной математической модели. Персептрон способен работать с множеством входных данных, разделять их на подпространства (например, по степени скученности) и, таким образом, происходит классификация данных по признакам, определенным нейронной сетью.

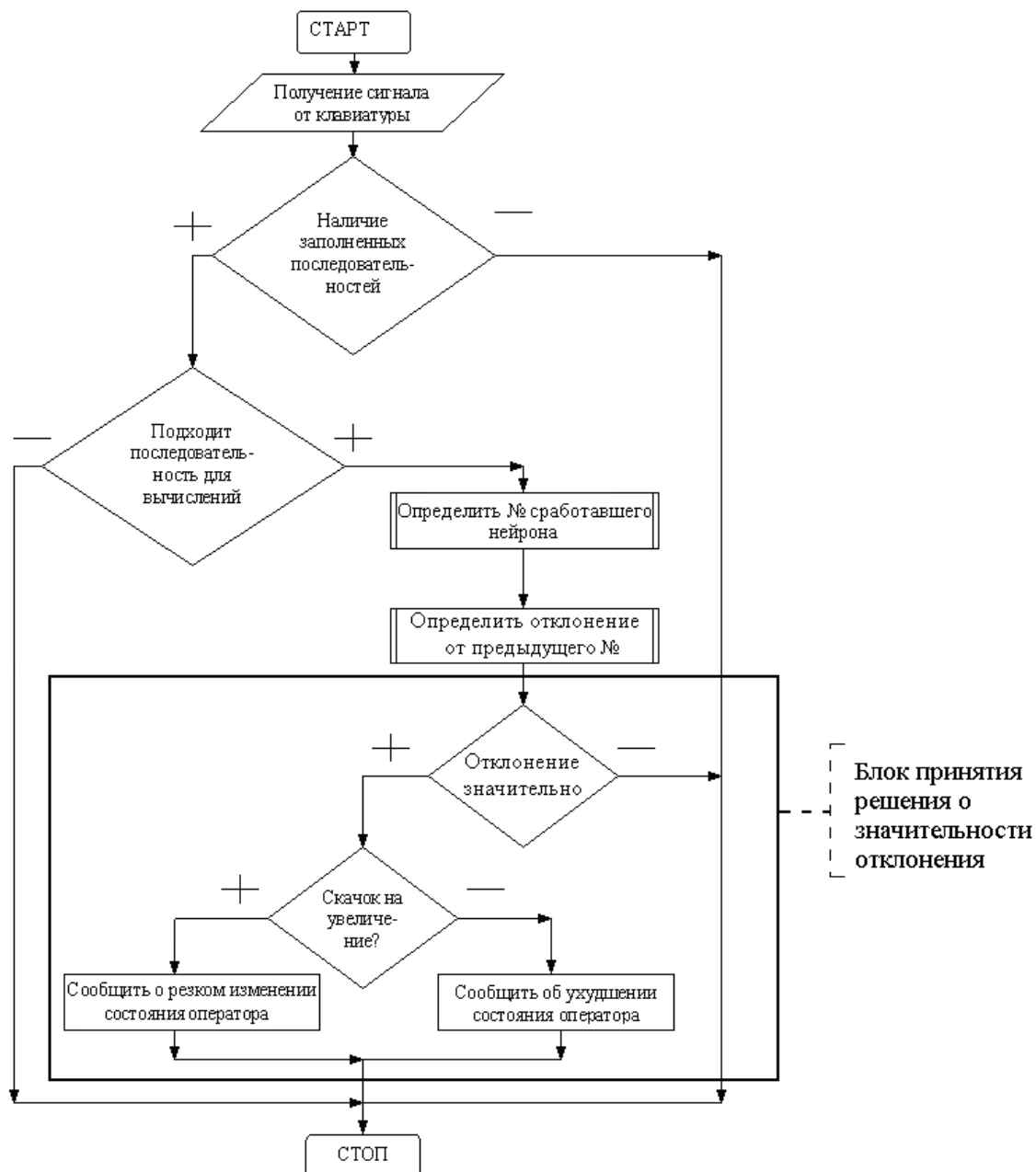


Рисунок 1. Алгоритм определения состояния оператора АРМ по клавиатурному почерку

Входной информацией для нейронной сети являются данные клавиатурного почерка, а именно, время удержания клавиш и время между нажатиями. Выходной – номер сработавшего нейрона, который сообщает о принадлежности поступивших на вход данных к определенной области значений многомерного пространства данных.

Формула используемой нейронной сети имеет вид:

$$y_k = f\left(\sum_{i=0}^K w_{ki}^{(2)} v_i\right) = f\left(\sum_{i=0}^K w_{ki}^{(2)} f\left(\sum_{j=0}^N w_{ij}^{(1)} x_j\right)\right), \text{ где}$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\beta x}} - \text{функция активации.}$$

В этой формуле: y_i – значение нейрона выходного слоя, x – входное значение нейрона, x_i – i -й вход нейрона, K – количество нейронов выходного слоя, N – количество нейронов скрытого слоя, $w_{ij}^{(1)}$ – вес между j -ым нейроном входного слоя и i -м слоем скрытого слоя, $w_{ki}^{(2)}$ – вес между i нейронным скрытого слоя и k -м нейроном выходного слоя, β – коэффициент.

Для работы нейронной сети необходимо провести её обучение. Процесс обучения позволяет произвести разбиение представляемого пространства данных на пять подпространств. Количество подпространств подобрано эвристически-экспериментально. Для обучения нейронной сети используется алгоритм Кохонена[4]. Таким образом, происходит классификация входных значений.

Человек достаточно гибкая биосистема, состояние которой может изменяться значительно за очень короткий промежуток времени, поэтому во избежание ошибок определения состояния используется подпрограмма «Определить отклонение от предыдущего сработавшего нейрона». Данная подпрограмма реализует лингвистическую переменную Π . Лингвистической переменной называют кортеж $\Pi = \langle \beta, T, X \rangle$, где β – наименование Π ; T – множество её значений, представляющих наименование Π , областью определения которых является X .

Общий вид лингвистической переменной Π , описывающей сформулированную задачу:

$$\Pi = \langle \text{отклонение}, T, [0; 100] \rangle, \text{ где } T = \{ \text{«большое»}, \text{«малое»} \}$$

Большое описывается $\langle \text{большое}, [62,5; 100], \tilde{A}_B \rangle$, где \tilde{A}_B имеет вид:

$$\tilde{A}_B = \{ \mu_{A_B}(x_i) / x_i \}$$

$\mu_{A_B}(x_i)$ - функция принадлежности

$$\mu_{A_B}(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_2 \geq \frac{x_1}{1,6} \\ \frac{x_2 - \frac{x_1}{2}}{\frac{x_2}{10}}, & \text{если } \frac{x_1}{2} < x_2 < \frac{x_1}{1,6} \\ 0, & \text{если } x_2 \leq \frac{x_1}{2} \end{cases}$$

Малое описывается $\langle \text{малое}, [0; 40], \tilde{A}_M \rangle$, где \tilde{A}_M имеет вид:

$$\tilde{A}_M = \{ \mu_{A_M}(x_i) / x_i \}$$

$\mu_{A_M}(x_i)$ - функция принадлежности

$$\mu_{A_M}(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_2 \leq \frac{x_1}{2,5} \\ \frac{\frac{x_1}{2} - x_2}{\frac{x_1}{10}}, & \text{если } \frac{x_1}{2,5} < x_2 < \frac{x_1}{2} \\ 0, & \text{если } x_2 \geq \frac{x_1}{2} \end{cases}$$

Полученные значения используются в представленной ниже функции, для определения необходимого приращения.

$$y = x_1 + (\mu_{A_B}(x_1) * \Delta) - (\mu_{A_M}(x_2) * \Delta) \text{ где,}$$

y - результирующее значение (отклонение)

x_1 - предыдущее значение

x_2 - текущее значение

Δ - приращение (2)

На основании этого делается вывод о развитии торможения моторных функций организма человека, а значит, и о текущем состоянии оператора АРМ. Далее принимается решение о выборе воздействия на него.

Работа математической модели представлена на следующем примере. В начале смены определяется начальное психофизическое состояние и оценивается в 72%. Так же получается информация о последней последовательности в

текущем сеансе из двух нажатий в виде времени удержания первой клавиши, равной 71 мс.; времени удержания второй клавиши, равной 200 мс.; и времени удержания между нажатиями, равной 268 мс.

Использование представленной функции активации накладывает ограничение на входные значения ИНС. Все они должны принадлежать интервалу $[0;1]$. Выполнив масштабирование входных значений, на вход ИНС были поданы следующие данные: 0,12; 0,36; 0,22. В результате сработал первый нейрон ИНС. Подставляя значения в формулу определения приращения, получаем новое значение $y = 72 + (1 * 2) - (0 * 2) = 74$, так как $\mu_B(x_i) = 1$, $\mu_M(x_i) = 0$.

Состояние у работающего оператора не ухудшилось, и попадает в рамки допустимого, т.е. маловероятно принятие оператором неверного решения по управлению технологическим процессом в данный момент времени. Информация о психофизическом состоянии оператора протоколируется в течение каждой рабочей смены.

Внедрение программного продукта, реализующего представленную математическую модель и алгоритм предполагается на нефтеперерабатывающем мини-заводе ЗАО «Стройкомплект ЗО» г.Орла. Опытная эксплуатация в течение полугода показала, что оперативный персонал четко выполняет все обязанности по учету и контролю за технологическим процессом. Кроме того, улучшили некоторые показатели трудовой дисциплины (кол-во опозданий и т.д.).

Литература

1. Девисилов В.А. Охрана труда: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003.
2. <http://neurocom.webzone.ru/rus/product/tskbv.htm>
3. Haykin S. Neural networks, a comprehensive foundation. – N.Y.: Macmillan College Publishing Company, 1994.
4. Kohonen T. Self-organizing maps. – Berlin: Springer Verlag, 1995.
5. Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Гузий А.Г. Принципы построения систем обеспечения жизнедеятельности операторов систем «человек - машина», адаптивных к их функциональному состоянию / Мехатроника, автоматизация, управление №3, 2005.