

## Оптимизация информационной технологии определения профпригодности

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Предложена оптимизация информационной технологии «PROFITNESS» и автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР) профессионального психофизиологического отбора кадров для работ повышенной опасности, основанная на определении наиболее информативных параметров функционального состояния (ФС) претендента с помощью функционала Кульбаки и замене многослойной нейронной сети нейросетью каскадной корреляции Фальмана. Применение модифицированной информационной технологии упрощает поиск оптимального решения и существенно сокращает время выдачи заключения о профессиональной психофизиологической пригодности.

**Ключевые слова:** автоматизированная система поддержки принятия решений, профессиональный психофизиологический отбор, информативные параметры, генетическая настройка, каскадная нейросеть Фальмана.

### Введение

На современном этапе научно-технического прогресса характер профессиональной деятельности, коренное изменение социальных условий и усложняющаяся экологическая обстановка оказывают все более существенное влияние на образ жизни и психофизиологическое состояние человека.

Изменение характера и интенсивности труда, ускорение ритма социальной жизни затрудняют адаптацию человека в условиях современного производства, вызывая состояние непрерывного эмоционального напряжения, что приводит к стойкому истощению защитно-приспособительных механизмов организма [1].

Основной целью современного профессионального психофизиологического отбора является выявление у обследуемых лиц профессионально важных качеств, необходимых для успешного выполнения должностных функциональных обязанностей.

При этом самое главное в профотборе заключается в том, что специалист–психофизиолог, используя современные автоматизированные СППР, еще до начала работы претендента дает индивидуальную оценку его профессиональным психофизиологическим качествам [2].

Необходимо учитывать также, что с течением времени по перечисленным выше причинам у отобранных работников происходит сдвиг ФС от оптимального и снижается результативность выполняемого физического или психологического действия. Поэтому особенно актуальным становится непрерывный экспресс-контроль ФС персонала, выполняющего работы повышенной опасности, в целях предупреждения травматизма, аварий и техногенных катастроф. Оптимизируемая информационная технология и автоматизированная СППР позволяют проводить такой профессиональный отбор, адаптироваться под современные задачи, накапливать базу знаний (БЗ) и производственные правила.

Однако непрерывный или периодический контроль ФС работников предполагает обработку дополнительных массивов информации и требует более оперативного принятия решений, что затруднительно для предлагаемой ранее СППР. Решение сложного динамического процесса определения профессиональной пси-

хофизиологической пригодности для автоматизированной СППР становится чрезвычайно трудным даже при самых совершенных методах обучения.

Актуальность научной проблемы заключается в использовании и усовершенствовании комплекса математических моделей и методов для решения поставленной задачи в условиях неполной и неточной информации.

## **1. Постановка задачи исследования**

В предложенной ранее информационной технологии «PROFITNESS» [3] заложена возможность постоянного пополнения БЗ СППР новыми информативными параметрами, продукционными правилами, адаптации СППР к современным достижениям психофизиологии и законодательным актам. Проведение адаптации основано на использовании генетического алгоритма и многослойной нейронной сети. Постоянное пополнение БЗ приводит к резкому росту информационных параметров ФС, количеству правил и как следствие – увеличению времени выдачи заключения о пригодности претендента, придавая процессу автоматизированного профотбора большую инертность и трудоемкость.

Задача исследования заключается в уменьшении времени выдачи заключения СППР о профпригодности претендента.

## **2. Решение поставленной задачи**

Для решения поставленной задачи предлагается, во-первых, сократить или, по крайней мере, не увеличивать в БЗ количество информативных параметров ФС путем предварительного определения наиболее информативных из них. Определение наиболее информативных параметров ФС предлагается осуществлять с помощью функционала Кульбаки [4].

Во-вторых, заменить применяемую многослойную сеть типа персептрона нейросетью каскадной корреляции Фальмана [5], не требующей многократного повторения операции нахождения в пространстве обучающих данных, близких к оптимальному решению. Нейросеть каскадной корреляции Фальмана подбирает структуру сети параллельно с ее обучением путем добавления на каждом этапе обучения одного скрытого нейрона. Определение структуры сети и реализацию алгоритма ее обучения можно трактовать как выполнение процедуры подбора оптимальной архитектуры нейронной сети.

Данные проблемы решаем с помощью усовершенствованной идентификации профессионального психофизиологического отбора кадров, как объекта, его математической моделью, устанавливающей взаимосвязь входных психофизиологических и выходных переменных профпригодности. Задача идентификации решается в три этапа.

На первом этапе формируется знаниеориентированная модель (модель теоретического представления), основанная на нечеткой логике из-за слабо формализованного процесса определения профпригодности [3]. При этом происходит построение нечеткой базы знаний в виде лингвистических продукционных высказываний «ЕСЛИ-ТО» с применением функций принадлежности. В результате полученная модель аппроксимирует взаимосвязь вход-выход и содержит настраиваемые параметры.

На этом же этапе решается задача определения наиболее информативных параметров, состоящая в оценке содержательности входных параметров и упоря-

дочении их по мере уменьшения информативности с последующим их исключением из перечня. В качестве оценки параметров предлагается воспользоваться функционалом Кульбаки [4].

Алгоритм его работы начинается с составления классификации параметров ФС (табл. 1), где  $a_n^{(jk_j)}$  – лингвистические оценки переменных параметров;  $n$  – число состояний претендента, имеющих одновременно параметры  $a_n^{(1k_1)}$  и  $a_n^{(jk_j)}$ .

Таблица 1

Фрагмент классификации параметров

Номер состояния пригодности	Параметры функционального состояния претендента				Сумма по строкам
	$x_1$	$x_2$	$x_i$	$x_n$	
$11$	$a_1^{(11)}$	$a_1^{(11)}$	$a_1^{(11)}$	$a_1^{(11)}$	$n = \sum a_n^{(1k_1)}$
$12$	$a_1^{(12)}$	$a_1^{(12)}$	$a_1^{(12)}$	$a_1^{(12)}$	
...	...	...	...	...	
$1k_1$	$a_1^{(1k)}$	$a_2^{(1k_1)}$	$a_i^{(1k)}$	$a_n^{(1k_1)}$	
...	...	...	...	...	...
$j1$	$a_1^{(j1)}$	$a_2^{(j1)}$	$a_i^{(j1)}$	$a_n^{(j1)}$	$n = \sum a_n^{(jk_j)}$
$j2$	$a_1^{(j2)}$	$a_2^{(j1)}$	$a_i^{(j1)}$	$a_n^{(j1)}$	
...	...	...	...	...	
$jk_j$	$a_1^{(jk_j)}$	$a_2^{(jk_j)}$	$a_i^{(jk_j)}$	$a_n^{(jk_j)}$	
	$n = \sum a_1^{(jk_j)}$	$n = \sum a_2^{(jk_j)}$	$n = \sum a_i^{(jk_j)}$	$n = \sum a_n^{(jk_j)}$	$N$

Следующим действием алгоритма является упорядочение параметров ФС по мере уменьшения их информативности и исключение тех из них, которые несут слишком мало содержательной информации. Для этого необходимо определить оценки вероятностей  $p_j$ , полученные на основании  $N_m$  состояний типов пригодностей.

Если через  $h_j$  обозначить частоту появления  $j$  градаций для состояний  $m$ , то информативность параметра рассчитываем по следующей формуле:

$$J(1k_1, jk_j) = \sum_{j=1}^s \left( \frac{h_j^1}{N_i} - \frac{h_j^2}{N_m} \right) \log \frac{h_j^1}{h_j^2} \frac{N_i}{N_m}. \quad (1)$$

Для обобщения диагностического решения об информативности сведем полученные оценки вероятностей в диагностические матрицы (табл. 2).

Таблица 2

Фрагмент диагностической таблицы

Номер состояния пригодности	Относительная частота (оценка вероятностей) появления градаций состояния пригодности			Логарифмы отношения правдоподобия для градаций состояния пригодности
	$m_1$	...	$m_n$	
$I_1$	$h_j^{I_1} / N_1$	...	$h_j^{I_1} / N_n$	$\log \frac{h_j^{I_1} N_1}{h_j^{I_2} N_m}$
$I_2$	$h_j^{I_2} / N_2$	...	$h_j^{I_2} / N_n$	$\log \frac{h_j^{I_2} N_2}{h_j^{I_2} N_m}$
$I_{k_1}$	$h_j^{I_{k_1}} / N_1$	...	$h_j^{I_{k_1}} / N_n$	$\log \frac{h_j^{I_{k_1}} N_1}{h_j^{I_m} N_m}$

Заканчивается работа алгоритма проверкой достаточности набора информативных параметров. После определения вероятностей допустимых ошибок  $\alpha$  и  $\beta$  в классификации параметров найдем их допустимые пороги значений по формуле

$$A = \frac{1-\beta}{\alpha}; B = \frac{\beta}{1-\alpha}. \quad (2)$$

Если сумма отношений вероятностей (диагностических коэффициентов) для всех значений состояний пригодности не достигает ни одного из приведенных выше порогов, то СППР выносит неопределенное решение, т.е. информативность параметра оказалась недостаточной для классификации. Следовательно, такой параметр выводится из перечня информативного параметра ФС. В соответствии с определением Кульбаки достаточность выбора параметра по информативности находим по следующему выражению:

$$\theta^* = \frac{n_{неопр}}{N_1 + N_2 \dots N_k} < 0,05-0,1, \quad (3)$$

где  $\theta^*$  – вероятность неопределенного ответа при принятии решения об информативности;  $n_{неопр}$  – количество градаций психофизиологического состояния;  $N_1, N_2, N_k$  – количество состояний, входящих в типы профпригодности.

На втором этапе построения информационной технологии (модели производственного представления) подбираются такие значения параметров, которые минимизируют разность параметров между модельным и реальным выходами о профпригодности работающих на конкретном предприятии сотрудников. С этой целью предлагается использование процедуры настройки при выборе параметров с помощью генетического алгоритма (ГА).

ГА осуществляет одновременный поиск по нескольким направлениям, переходя от одного возможного решения к другому, позволяя избежать попадания в локальный минимум. Эффективное применение генетического алгоритма описано в работе [6].

На третьем этапе формирования информационной технологии (модели административного представления) для обеспечения адекватности модели при учете административных решений, законодательных актов или в случае появления новых достижений в области психофизиологии при автоматизированном отборе кадров предусмотрена возможность проведения адаптации модели. Такую адап-

тацию предлагается выполнять с помощью нейронной сети (рис. 1), которая позволит менять количество входных параметров и содержание продукционных правил, что в конечном итоге должно было повысить качество принятия решений [7].

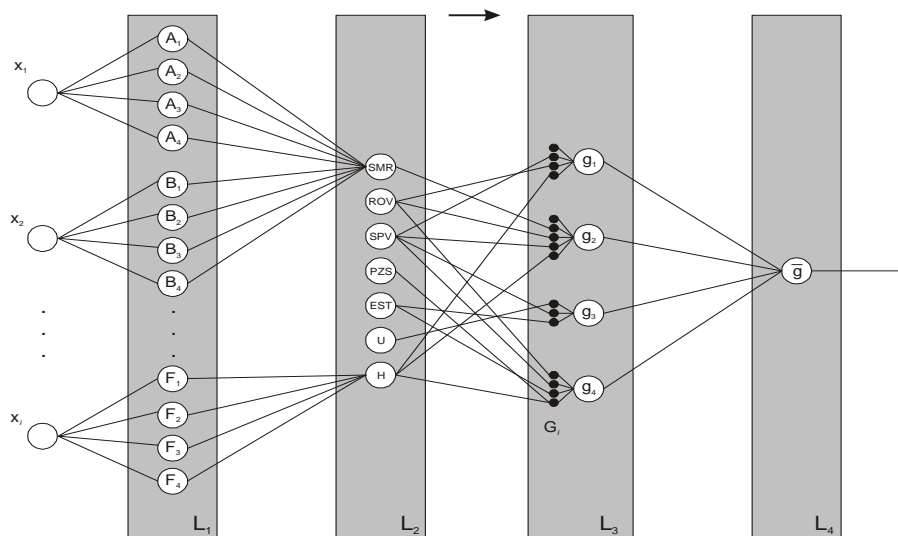


Рис. 1. Структура нейронной сети типа персептрона

Достоинством проведенной адаптации является способность нейросети к обучению. Реализация обучения происходила с помощью алгоритма «обратного распространения ошибки».

Так как в предложенной модели применяется многослойная нейронная сеть типа персептрона, то задачи обучения или дообучения, требующие многократного повторения, стали трудоемким процессом как по многократному увеличению времени настройки, так и по нахождению в пространстве обучающих данных, близких к оптимальному решению.

Устранить эти недостатки можно заменой на нейросеть каскадной корреляции Фальмана. Ее преимущество заключается в том, что подбор структуры сети происходит параллельно с ее обучением путем добавления на каждом этапе обучения одного скрытого нейрона. Определение структуры сети и реализацию алгоритма ее обучения можно трактовать как выполнение процедуры подбора оптимальной архитектуры нейронной сети.

Архитектура сети каскадной корреляции представляет собой объединение нейронов взвешенными связями в виде развивающегося каскада (рис. 2).

Каждый очередной добавляемый нейрон подключается к входным узлам и ко всем существующим уже скрытым нейронам, что хорошо видно на рис. 2. Выходы всех скрытых нейронов и входные узлы сети напрямую подключаются также к выходным нейронам. Поэтому, несмотря на большое количество слоев, для сети Фальмана не требуется использование алгоритма «обратного распространения ошибки», так как в процессе минимизации целевой функции задействованы только весовые коэффициенты выходного слоя, для которых погрешность рассчитывается непосредственно.

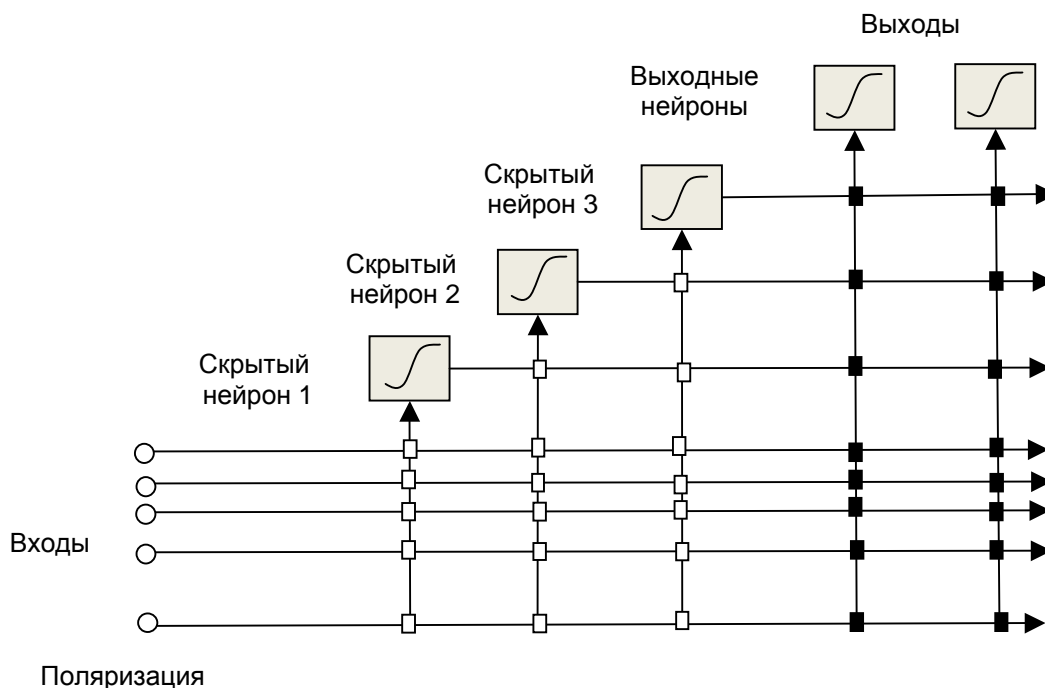


Рис. 2. Архитектура нейросети каскадной корреляции Фальмана

В ходе математического моделирования адаптация модели административного представления с помощью нейросети каскадной корреляции Фальмана показала хорошие результаты как по времени, так и по качеству принимаемого решения.

### Выводы

Использование в информационной технологии «PROFITNESS» и автоматизированной СППР функционала Кульбаки для определения наиболее информативных параметров ФС в целях уменьшения их количества и нейросети каскадной корреляции Фальмана для настройки и адаптации к новым условиям позволило упростить поиск оптимального решения и сократить время выдачи заключения о профпригодности вдвое.

### Список литературы

1. Данилова, Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний [Текст] / Н.Н. Данилова. – М.: Изд-во Моск. ун-та,– 1992. —192 с.
2. Приказ Министерства охраны здоровья Украины, Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда от 23 сентября 1994 года № 263/121: «Об утверждении Перечня работ, где необходим профессиональный отбор кадров» // Охрана труда. – 1995. – №2. – С. 35 – 36.
3. Кузнецова, Н.В. Прогнозирование профессиональной психофизиологической пригодности на основе экспертно-лингвистических закономерностей, как один из инструментов решения современных экологических проблем [Текст] / Н.В. Кузнецова, Н.В. Нечипорук // Сучасні технології управління

екологічною й інформаційною безпекою територій : матеріали IV Міжнар. наук. практ. - конф. – Х., Нац. аерокосм. ун-ту «ХАІ», 3–5 вер. 2005. – С. 34 – 36.

4. Кульбака, С.И. Теория информации и статистика [Текст] / С.И. Кульбака. – М.: – Академия, 2000. –142 с.

5. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

6. Илюшко, В.М. Использование генетического алгоритма и нейронной сети для настраивания экспертной системы при проведении профессионального психофизиологического отбора [Текст] / В.М. Илюшко, Н.В. Кузнецова // Екологія і ресурси : зб. наук. прац Ін-ту пробл. нац. безпеки. – Вип. 16. – К., 2007. – С. 109–115.

7. Кузнецова, Н.В Синтез и настройка баз нечетких знаний для моделирования профессиональной психофизиологической пригодности [Текст] / Н.В. Кузнецова, Н.В. Нечипорук // Радіоелектронні і комп'ютерні системи: зб. наук. пр. Нац. аерокосм. ун-та ім. М.Є. Жуковського «ХАІ». № 3 (22). – Х., 2007. – С. 64 – 72.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 24.01.12.

## **Оптимізація інформаційної технології визначення профпридатності**

Запропоновано оптимізацію інформаційної технології «PROFITNESS» и автоматизованої системи підтримки прийняття рішень (СППР) професійного психофізіологічного відбору кадрів для робіт підвищеної небезпеки, яка основана на визначенні найбільш інформативних параметрів функціонального стану (ФС) претендента за допомогою функціонала Кульбаки, і зміні багат шарової нейронної мережі на нейромережу каскадної кореляції Фальмана. Застосування модифікованої інформаційної технології спрощує пошук оптимального рішення и суттєво скорочує час видачі висновку про професійну психофізіологічну придатність.

**Ключові слова:** автоматизована система підтримки прийняття рішень, професійний психофізіологічний відбір, інформативні параметри, генетична настройка, каскадна нейромережа Фальмана.

## **Optimisation information technology for the determining professional validity**

The proposed optimization of information technology «PROFITNESS» and automated decision support system (DSS) professional psychophysiological selection of personnel for hazardous work, which is grounded on the determination of the most informative parameters of functional status (PS) candidate with functional saddle, and a change in a multilayer neural network cascade correlation Falmana. Application of modified information technology simplifies the search for optimal solutions and significantly reduce the time of issue of the professional opinion of physiological professional validity.

**Keywords:** support of making a decision, professional psychophysiological selection, genetic matching, neuron network Falmane.