

Изобретение относится к области медицины, а именно - психофизиологии труда.

Известен способ определения работоспособности человека, заключающийся в регистрации количества и качества выполнения заданий [1].

Недостатками данного способа являются: 1) недостаточная точность определения, обусловленная однократностью исследования и отсутствием учета динамики работоспособности человека день ото дня; 2) узкий круг профессий, в которых он может быть использован, в связи с адекватностью выбранного теста только простой деятельности; 3) отсутствие возможности выбора показателей, на которых основывается оценка, что связано с использованием только единственного показателя деятельности организма; 4) ограниченные возможности использования в реальных условиях производства в связи с базированием способа на оригинальной аппаратуре.

Наиболее близким к заявляемому решению по существу и достигаемому результату является способ определения работоспособности (оператора) [2], в котором испытуемому на экране видеотерминала ежедневно (или в разные дни) в течение нескольких минут предъявляют последовательность психологических тестов, ответ на которые испытуемый дает нажатием на соответствующую клавишу видеотерминала. При этом регистрируют правильность решения и латентное время ответов, по которым определяют скорость, надежность и показатели стабильности работы испытуемого в тесте. Регистрируют также успешность выполнения производственной работы в непосредственно следующий за временем тестирования период работы. О работоспособности судят на основании сопоставления успешности работы в тесте с успешностью работы в реальных производственных условиях. При этом разность между фактической и эталонной величинами, является индикатором изменения уровня работоспособности.

Недостатком этого способа является относительно невысокая точность определения работоспособности оператора, обусловленная использованием неглубокого математического анализа данных (только 4 характеристик распределения) и предусмотренной возможностью использования лишь одного из показателей функционирования организма.

Изобретение решает задачу определения работоспособности оператора и прогнозирования эффективности его деятельности. Непосредственным результатом, полученным при использовании изобретения, является повышение точности оценки и возможность прогнозирования, а также расширение круга возможных объектов его использования.

Сопоставительный анализ заявляемого решения с известными техническими решениями позволяет выявить у предлагаемого способа отличительные признаки, заключающиеся:

а) в использовании для оценки работоспособности оператора наряду со средними статистическими характеристиками параметров, которые отражают уровень его активности, также колебательных характеристик (например, спектральных составляющих), отражающих

активность регуляторных систем, которые управляют данным параметром;

б) в использовании для оценки не единственного, а любого из перечисленных параметров (скорость переработки информации, сердечный ритм, скорость распространения пульсовой волны, интеграл кожно-гальванического рефлекса), каждый из которых отражает в своей колебательной структуре регуляторные влияния единственной в каждый момент времени регуляторной иерархии функциональной системы, будучи, как и все вовлеченные в работу функции, промодулированным этими регуляторными влияниями. Это позволяет реализовать способ для разных условий и задач применения (при предоминантном контроле удобнее психофизиологическое тестирование, сердечный ритм с телеметрической его регистрацией может использоваться в системах внутрисменного непрерывного контроля работоспособности и т.д.);

в) использоваться для оценки могут как отдельно каждый из указанных показателей, так и любые их сочетания. Последнее несколько повышает надежность оценки.

На основании этих данных, полученных за выбранный промежуток времени (обучающая выборка, составляющая в системах психофизиологического мониторинга 1,5 - 2 месяца), с помощью адекватного задаче метода многомерного эмпирического моделирования (например, пошаговой множественной регрессии) производят расчеты (в т.ч. прогнозирование) показателей эффективности производственной деятельности по характеристикам психофизиологических показателей, причем результаты расчета интерпретируются в соответствии со смыслом и значимостью показателей эффективности производственной деятельности, учитываемых параллельно психофизиологическим измерениям в процессе выполнения способа (объективных и/или субъективных).

Способ осуществляется одним из следующих образов, различающихся видом первичной информации для оценки, но одинаковых в ее использовании:

а) с использованием психофизиологического тестирования. Оператору на экране ПЭВМ предъявляют последовательность задач дозированной сложности. Решая задачи, оператор дает ответ нажатием на соответствующие кнопки клавиатуры. Регистрируется длительность интервалов времени между последующими тестовыми задачами, что вместе с уровнем сложности характеризует поступающий на переработку оператору информационный поток, а также показатели, характеризующие эффективность решения тестовых задач (время решения - от предъявления задачи до нажатия на клавишу, и правильность решения - правильно, неправильно, пропущено).

б) с использованием физиологических показателей. У оператора общепринятыми методами регистрируются длительность межсистолических интервалов и/или время распространения пульсовой волны, и/или интеграл кожно-гальванического рефлекса, и/или ряд других параметров.

в) с использованием сочетания психофизиологического тестирования с одним или

несколькими физиологическими показателями.

Длительность регистрации каждого из показателей может варьировать в зависимости от задач и условий реализации способа (от 3 - 5 мин при проведении предсменного психофизиологического контроля до непрерывной регистрации сердечного ритма в течение всего периода деятельности в системах непрерывного мониторинга). Параллельно сбору психофизиологической информации регистрируются данные об эффективности реальной (например, производственной) деятельности оператора (объективные и/или субъективные). Хотя в ряде профессий не представляется возможным получить формализованную оценку эффективности деятельности (например, ряд диспетчерских профессий). В полученных в психофизиологических исследованиях временных рядах показателей (времени решения тестовых задач, сердечного ритма, скорости распространения пульсовой волны, интеграла кожно-гальванического рефлекса) анализируются, наряду с характеристиками распределения (среднее, стандартное отклонение, асимметрия, эксцесс), также характеристики колебательной активности (с помощью, например, спектрального или периодограммного анализа). Результаты последнего характеризуют регуляторные усилия по управлению данным параметром и являются наиболее ценными в информационном смысле для характеристики состояния человека при умственной деятельности; когда средний уровень показателей изменяется мало.

Полученные таким образом данные характеризуют состояние человека за период единичного сеанса наблюдения. Подобные данные в соответствии со способом собираются систематически за длительный период (т.н. обучающая выборка, которая в системах повседневно психофизиологического мониторинга составляет 1,5 - 2 месяца) и анализируются с помощью методов многомерного эмпирического моделирования (прогнозирование) в плане установления статистической зависимости показателей эффективности реальной деятельности оператора от показателей психофизиологического тестирования и/или физиологических показателей, а также определения (характеристики) пространства состояний, характерных (типичных) для конкретного человека.

Полученные модели используются для суждения о вероятной эффективности реальной деятельности человека по показателям сеанса психофизиологического тестирования и/или зарегистрированным физиологическим показателям в терминах регистрируемых показателей реальной деятельности и в соответствии с их смыслом, а также/или для балльной оценки места текущего состояния работоспособности человека в пространстве характерных для него состояний работоспособности дуальных шкал (для профессий, где невозможна формализованная характеристика эффективности деятельности, последняя оценка является основной).

Пример 1 - с использованием психофизиологического тестирования. На Конаковской ГРЭС работала система

психофизиологической оценки и прогнозирования текущей работоспособности операторов, на основании данных которой было возможно осуществлять описываемый способ.

На рабочем месте операторов (машинистов энергоблоков - МЭБ) блочных щитов управления энергоблоками (БЩУ) на видеотерминалах ЭВМ на первом часу смены каждому оператору предъявлялась серия тестовых задач дозированной сложности длительностью несколько минут (сеанс тестирования). Решая задачи, оператор нажимал соответствующие клавиши клавиатуры ЭВМ. Регистрировались правильность решения каждой тестовой задачи и время ее решения. Рассчитывались среднее арифметическое значение времени решения тестовых задач, его стандартное отклонение, асимметрия, эксцесс, а также спектральные характеристики, отражающие колебания внимания в процессе умственной деятельности. Кроме того регистрировались показатели эффективности работы оператора по отклонению от норматива удельного расхода топлива на единицу выработанной электроэнергии. Особенность этого показателя состояла в том, что норматив учитывал состояние конкретного оборудования, качество и вид топлива, уровень диспетчерской нагрузки и т.д., всего около 60 технических показателей, влияющих на удельный расход топлива. При этом выделялась компонента, связанная в основном с влиянием на расход топлива качества работы человека-оператора.

Перечисленные показатели работы оператора в модельных условиях (в тесте системы) с помощью множественной регрессионной пошаговой процедуры связывались (регрессионная модель связи вида:

$$Y = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2 \dots B_n * X_n,$$

где Y - прогнозируемая величина;

B - коэффициенты регрессии;

X - выбираемые в модель независимые переменные)

с показателями эффективности реальной производственной деятельности (отклонением от норматива удельного расхода топлива на единицу выработанной электроэнергии). Модель связи строилась на данных последних 24 сеансов тестирований (обучающая выборка). Модель связи обновлялась после каждой рабочей смены: устаревшие данные исключались из обучающей выборки, а вновь полученные - включались в нее. Типичные статистические характеристики моделей связи (уровень связи - коэффициент корреляции R, достоверность связи - критерий Фишера F, ошибка прогноза - % ОШ, а также состав модели из числа 4 центральных моментов статистического распределения времени решения тестовых задач - M, S, As, Ex, ошибок ложного ответа - ОШЛН, и пропуска ответа - ОШПР, а также из числа спектральных составляющих - указан номер составляющей N, связанный с периодом формулой P/N , где в данном случае P был равен 300 секунд) в последовательной серии моделей приведены в табл.1. Если в модель допускалось включение только числа ошибок в сеансе (ОШЛН), и 4 центральных момента статистического распределения времени решения тестовых задач (4ц.м. - среднее арифметическое времени решения тестовых задач, его стандартное отклонение, асимметрия и эксцесс), то уровень и достоверность

связи этих показателей с показателями эффективности реальной операторской деятельности (коэффициент корреляции - R) оказывалась существенно ниже, чем тогда, когда в модель допускалось вводить спектральные характеристики (табл.2). При этом размерность моделей в обоих случаях была равна четырем (число используемых в модели характеристик было одинаковым).

Оценка работоспособности характеризует вероятную эффективность работы оператора в течение смены в терминах производственно важного показателя удельного расхода топлива, который был основным при решении вопроса о материальном поощрении операторов, и не вызывала сложностей в интерпретации операторами.

Пример данных, полученных в производственных условиях, приведен на фиг.

На рисунке по вертикали указана величина отклонения удельного расхода топлива от норматива в граммах условного топлива на 1квт/ч электроэнергии. По горизонтали указаны порядковые номера смен, в которых проводилось тестирование. Тонкой линией показана реальная величина отклонения от норматива в каждой смене. Жирной линией показаны аппроксимация отклонений от норматива по данным психофизиологического тестирования, рассчитанным на основании модели, а в кружочке - прогноз. Серия графиков показывает движение обучающей выборки и обновление моделей связи каждую смену. Средняя ошибка прогноза примерно равна средней ошибке аппроксимации и составляет у разных операторов от 10 до 20%, хотя единичные ошибки бывают и больше. Подобные ошибки характерны, как это показано на рисунке, при встрече модели с новыми состояниями оператора, не наблюдавшимися ранее. В дальнейшем эти данные учитываются моделью в силу адаптивности описываемого способа оценки и прогнозирования работоспособности и позволяют улучшить качество оценки на последующих этапах работы систем, реализующих способ.

Пример 2 - с использованием непрерывной регистрации сердечного ритма.

Способ может быть применен для реализации непрерывной оценки и прогноза работоспособности на базе непрерывно регистрируемых показателей, например, сердечного ритма.

Отличие этого варианта реализации способа состоит в том, что для описания состояния оператора используются вместо результатов психофизиологического тестирования показатели сердечного ритма (также показатели средних значений уровня и его колебательные, в частности, спектральные характеристики). Дальнейший анализ соответствует описанному выше. Но периоды, в отношении которых получают оценку работоспособности могут быть значительно меньше, например 15мин, 1 - 4ч, поскольку оператор не отвлекается от работы, а информация поступает непрерывно (как сердечный ритм, так и показатели эффективности деятельности). В табл.3 показаны статистические характеристики моделей связи сердечного ритма и показателей скорости переработки информации в процессе операторской деятельности с прогнозом указанных

скоростных показателей на 15мин по данным сердечного ритма. Как видно, и уровень (коэффициент корреляции R), и достоверность (критерий Фишера F) связи довольно высоки, что не достигается при использовании характеристик распределения сердечного ритма и его производных, а лишь при использовании колебательных характеристик.

Аналогично выполнение способа при использовании характеристики тонуса сосудов - времени распространения пульсовой волны. Результаты его применения приведены в табл.4.

Во всех случаях реализации способа есть возможность построить модели связи более высокого качества, чем при использовании только средних характеристик психофизиологических показателей. Объяснение этому мы видим в том, что колебательные характеристики психофизиологических показателей, являясь отражением присущих регуляторным контурам автоосцилляций активности, несут дополнительную информацию в описании состояния организма за счет дифференцированного косвенного учета активности регуляторных систем; участвующих в психофизиологическом обеспечении деятельности.

Эволюция прогностических регрессионных моделей в процессе психофизиологического контроля работоспособности оператора электростанции (15 смен МЭБ табл.3)

№	R	F	%, ош	B ₀	B ₁	X ₁	B ₁₂
1	0,74	4,6	17,3	0,93	0,01	7	-0,01
2	0,88	12,5	14,4	0,17	0,03	7	-0,01
3	0,71	3,7	17,7	0,02	0,03	7	-0,01
4	0,67	3,1	17,9	0,23	0,01	7	-0,02
5	0,66	2,9	21,8	-0,34	0,00	11	-0,01
6	0,70	3,5	17,8	-0,47	-0,03	1	0,04
7	0,69	3,3	16,6	-0,55	-0,01	16	0,00
8	0,86	10,6	11,9	-0,36	-0,02	15	0,02
9	0,85	9,3	12,2	-0,43	0,02	12	-0,02
10	0,85	9,6	13,3	-0,45	0,02	12	-0,02
11	0,86	10,4	10,8	0,08	0,01	11	-0,27
12	0,86	10,2	11,5	0,08	0,01	11	-0,27
13	0,88	13,1	11,5	-0,30	0,03	12	-0,02
14	0,86	10,6	11,3	0,01	0,01	11	-0,27
15	0,88	12,8	11,5	-0,12	0,02	12	-0,01

Характеристики связи прогностических моделей времени решения тестовых задач, ошибок при выявлении колебательных характеристик времени решения производственной деятельности оператора

Табельный номер машиниста энергоблока	Характеристики работы		Таблица 2			
	4 ц.м. времени решения тестовых задач	Ос	RPS			
			R	R	R	
02623	0,26*		-0,06		0,70*	
02411	0,27		-0,23		0,69*	
02434	0,37*		0,17		0,62*	
02453	0,05		0,04		0,64*	
02567	0,00		0,17		0,64*	

* звездочкой отмечены достоверные коэффициенты корреляции.

Таблица 3

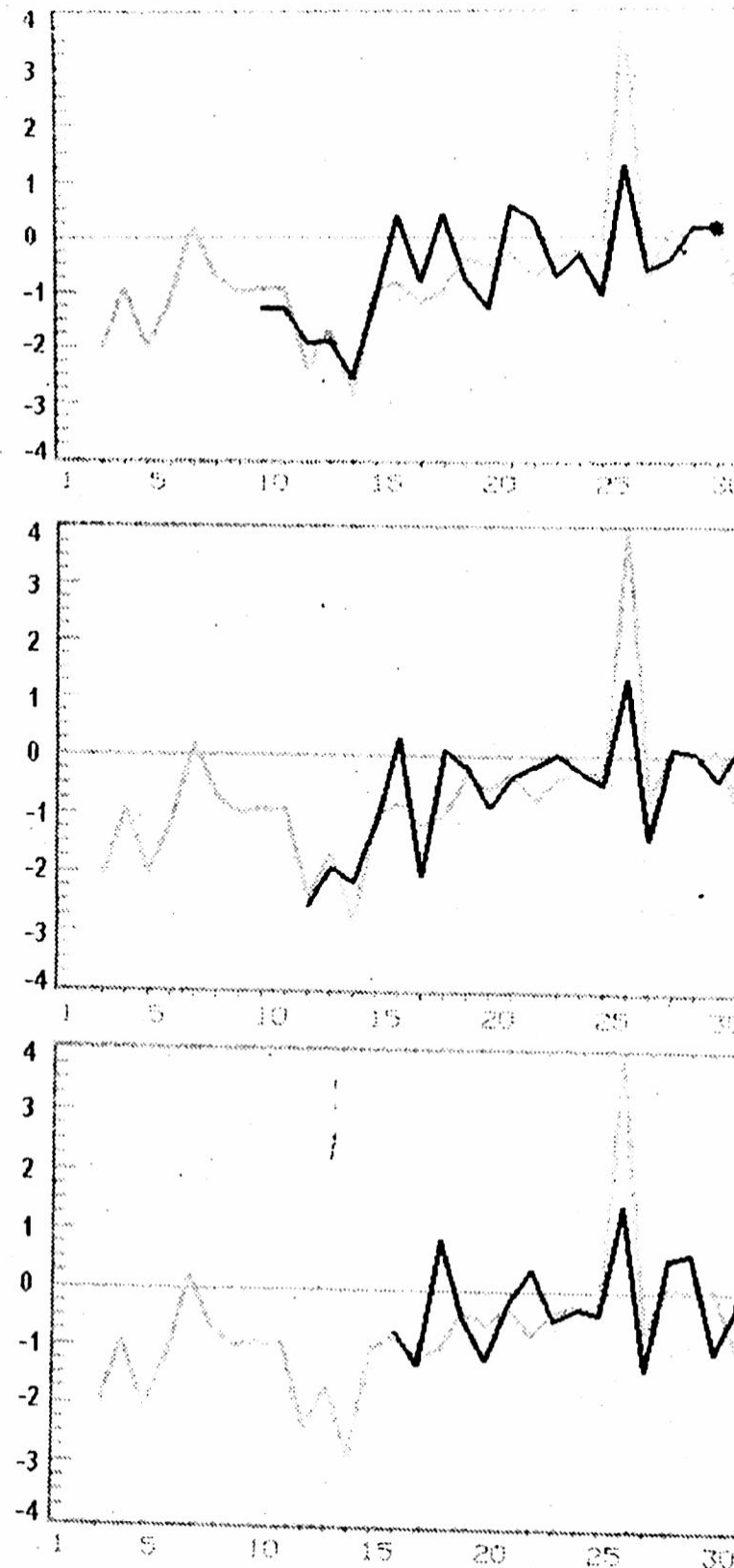
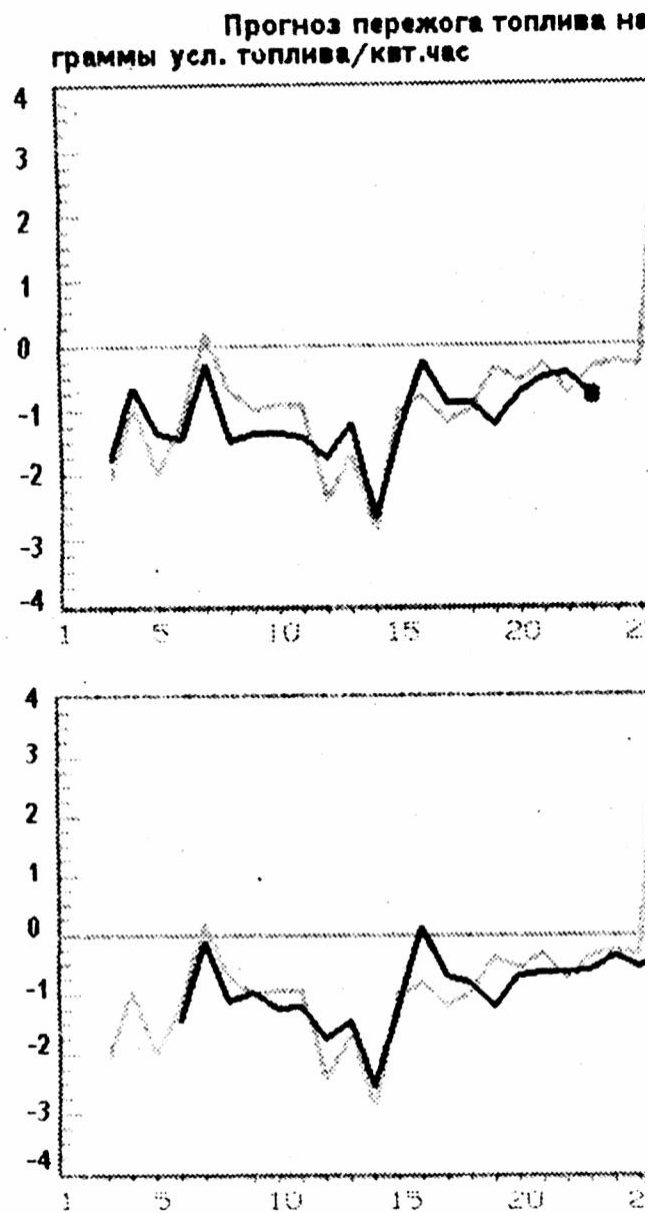
Характеристики прогностических моделей в процессе реализации способа при прогнозировании на 15 мин времени решения тестовых задач по данным сердечного ритма (Исп. Кон-в, эксперимент в среднем темпе)

Физиологический показатель	№ шага прогноза	R	F	Процент погреш. прогноза	Реальное значение Y	Расчетное значение Y
RR	1	0,89	13,77	10,80%	110,52	105,73
RR	2	0,91	18,28	13,84%	117,46	83,67
RR	3	0,87	11,47	12,98%	116,81	102,41
RR	4	0,84	9,26	11,47%	119,57	112,97
RR	5	0,83	8,17	14,44%	131,26	107,68
RR	6	0,86	11,09	10,02%	139,78	125,08
RR	7	0,95	31,77	9,24%	122,39	153,12
RR	8	0,89	14,45	8,85%	130,36	137,81
RR	9	0,90	16,65	9,12%	135,83	122,82
RR	10	0,90	15,42	10,16%	121,27	128,22
RR	11	0,89	13,92	10,56%	128,07	133,80
RR	12	0,90	16,12	10,99%	122,08	106,26

Таблица 4

Характеристики прогностических моделей в процессе реализации и способа при прогнозировании на 15 мин времени решения тестовых задач по данным времени распространения пульсовой волны, отражающему тонус крупных сосудов (Исп. Кон-в, эксперимент в среднем темпе)

Физиологический показатель	№ шага прогноза	R	F	Процент погреш. прогноза	Реальное значение Y	Расчетное значение Y
RPS	1	0,88	13,11	12,93%	110,52	90,96
RPS	2	0,85	9,42	13,76%	117,46	105,33



Оценка (прогнозирование) работоспособности энергоблоков (МЭБ) тепловой электростанции смен. По вертикали - отклонение от норматив условного топлива на 1 квт/час (с минусом - Тонкая линия - реальные значения, жирная линия - прогноз работоспособности в системе предвахтенного тестирования за период обучающей выборки. При последовательном тестировании модели в процессе реализации способа. Табелный номер МЭБ 2413, Конаковская ГРЭС. Пояснения в тексте.

Фиг. (продолжение)