

УДК 621(075.8)

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ЧЕЛОВЕКО – МАШИННЫХ СИСТЕМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕШЕНИЯ ТЕСТОВЫХ ЗАДАЧ

Dr. Al-Kasasbeh Riad Taha,

al-balqa applied university

А. Е. Городецкий,

д-р техн. наук., профессор

И. Л. Тарасова,

канд. техн. наук

Институт проблем машиноведения РАН, Санкт-Петербург

Анализируются методы отбора претендентов на работу в качестве операторов человеко-машинных систем. Предлагаются векторные оценки интеллекта претендентов, содержащие статические и динамические компоненты, характеризующие способности претендентов к решению задач в условиях неопределенности и к самообучению. Исследуются свойства предлагаемых оценок на примере тестирования пяти претендентов.

Methods of selection of applicants for work are analyzed as operators of human-machine systems. Vector estimations of intelligence of the applicants, the containing static and dynamic components, describing abilities of applicants to the decision of problems in conditions of uncertainty and to self-training are offered. Properties of offered estimations are investigated by the example of testing five applicants.

Введение

В процессе работы оператора в человеко-машинной системе (ЧМС) последнему нередко приходится принимать решения в условиях не полной определенности. При этом в зависимости от интеллектуальных особенностей оператора в процессе его умозаключения, т. е. анализа ситуации выбора, вероятность правильности выбора или уверенность в правильности выбора решения может меняться у оператора с течением времени по тому или иному закону. Это, как показано в работе [1], может приводить к сбоям в работе ЧМС, а иногда и к катастрофическим последствиям.

Для устранения подобных сбоев в ЧМС или хотя бы их максимального уменьшения используются, как правило, некоторые процедуры отбора наиболее подходящих (лучших) для данной ЧМС операторов из имеющихся претендентов. Обычно подобные процедуры основаны на использовании тестирования претендентов и оценки их интеллектуальных способностей к выполнению необходимой в ЧМС работы по тем или иным шкалам.

Известен [2] подход к оценке интеллекта, основанный на вероятностных оценках степени знания и понимания. Также известен [3] подход, в котором мера интеллекта связывается со степенью понимания и включает аспекты осознания и самоосознания. Причем обычно, в том числе и в работах [2, 3], интеллект характеризуется только способностью к обучению, хотя и признается существование разных видов интеллекта [4].

В работах [5–7] предлагается системы искусственного интеллекта рассматривать как целеустремленные системы, описываемые в работе [2]. Однако для оценки интеллектуальности таких систем предлагается [5–7] использовать вектор, компоненты которого характеризуют не только способность к самообучению, но и их приспособленность к получению ценных (правильных) результатов (решений) путем применения эффективных способов действий в нечеткой среде.

Предложенная в [5] векторная оценка интеллектуальности системы искусственного интеллекта имеет статические вероятностные компоненты, оценивающие способность к решению каких-либо нечетких прикладных задач, и динамические вероятностные компоненты, оценивающие способность системы к самообучению. Очевидно, что такой подход можно использовать и для объективной оценки профессиональной пригодности оператора к работе в той или иной человеко-машинной системе. При этом сравнение и выбор лучших из группы тестируемых претендентов может опираться на численные оценки результатов динамического тестирования, когда результаты тестирования фиксируются через различные промежутки времени, на которые разбивается весь сеанс тестирования.

Однако в силу специфических отличий человека от систем искусственного интеллекта, рекомендуемые формулы для вычисления компонент предлагаемой векторной оценки интеллектуальности [5–7] не могут непосредственно использоваться для оценки профессиональной пригодности операторов по результатам динамического тестирования.

Окончание таблицы 3

K	m/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	1																				
	2																				
	3						1										1	1		1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1																				
	2																				
	3						1	1					1				1				
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1																				
	2																				
	3					1	1						1								
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1																				
	2																				
	3						1						1								
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1																				
	2																				
	3						1														
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

■ Таблица 4. Результаты тестирования оператора № 4

K	m/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1						1	1				1			1				1		
	2		1	1	1	1				1	1		1	1	1	1	1	1		1	1
	3	1	1		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1																				
	2			1			1	1			1									1	
	3	1	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1																				
	2				1		1	1			1									1	
	3	1	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1																				
	2																				
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1																				
	2																				
	3							1	1										1	1	
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1																				
	2																				
	3								1	1									1	1	
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1																				
	2																				
	3										1									1	
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1																				
	2																				
	3																			1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1																				
	2																				
	3																				1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1																				
	2																				
	3																				1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

■ Таблица 5. Результаты тестирования оператора № 5

K	m/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1																				
	2	1			1					1	1		1				1		1	1	1
	3	1	1						1	1			1			1			1		
	4					1	1					1			1		1				
2	1																				
	2								1	1				1	1					1	
	3	1	1	1	1						1		1							1	1
	4	1			1	1				1	1						1	1			1
3	1																				
	2	1									1			1	1						
	3	1	1	1	1					1		1		1			1	1		1	1
	4		1			1	1			1		1						1	1		1
4	1																				1
	2																				
	3	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1																				
	2																				
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1																				
	2																				
	3	1																			
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1																				
	2																				
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1																				
	2																				
	3																				
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1																				
	2																				
	3																				
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1																				
	2																				
	3																				
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ция результатов проводилась через равные промежутки времени десять ($K = 10$) раз. Для удобства анализа таблиц правильные ответы располагались в таблицах четвертьными.

Эффективность решения предложенных при тестировании задач будем вычислять следующим образом:

$$E_i(K) = n_{ia}(K) / (n_{ia} + m), \quad (1)$$

где $n_{ia}(K)$ – число альтернативных ответов, полученных i -м претендентом к моменту времени $K(t - t_0)$ при решении всех задач.

Достоверность полученных результатов оценим так:

$$V_i(K) = m_{iv}(K) / n_{ia}, \quad (2)$$

где $m_{iv}(K)$ – число задач, в которых i -м претендентом получен один правильный ответ и не более одного неправильного к моменту времени $K(t - t_0)$.

Правдоподобность полученных результатов оценим так:

$$U_i(K) = m_{iu}(K) / n_{ia}, \quad (3)$$

■ Таблица 6. Эффективность

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E_1	0,000	0,667	0,665	0,640	0,600	0,520	0,530	0,510	0,520	0,500
E_2	0,800	0,722	0,718	0,640	0,620	0,510	0,660	0,640	0,620	0,590
E_3	0,667	0,667	0,687	0,600	0,590	0,550	0,530	0,510	0,510	0,500
E_4	0,706	0,667	0,643	0,610	0,540	0,540	0,520	0,520	0,510	0,510
E_5	0,500	0,500	0,500	0,510	0,570	0,510	0,530	0,500	0,500	0,500

■ Таблица 7. Достоверность

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_1	0,000	0,350	0,342	0,430	0,670	0,910	0,870	0,860	0,860	0,950
V_2	0,000	0,006	0,100	0,330	0,610	0,910	0,460	0,440	0,480	0,620
V_3	0,300	0,350	0,250	0,500	0,690	0,800	0,830	0,860	0,900	0,950
V_4	0,100	0,310	0,420	0,530	0,830	0,830	0,910	0,860	0,900	0,910
V_5	0,250	0,350	0,300	0,520	0,700	0,810	0,830	0,900	1,000	1,000

■ Таблица 8. Правдоподобность

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_1	0,000	0,000	0,030	0,090	0,330	0,820	0,740	0,810	0,770	0,950
U_2	0,000	0,000	0,020	0,060	0,180	0,820	0,050	0,170	0,270	0,410
U_3	0,000	0,000	0,040	0,200	0,380	0,600	0,690	0,810	0,860	0,950
U_4	0,020	0,002	0,170	0,220	0,670	0,670	0,820	0,770	0,860	0,860
U_5	0,250	0,300	0,250	0,480	0,410	0,710	0,700	0,900	1,000	1,000

где $m_{iu}(K)$ – число задач, по которым i -м претендентом получен только один, причем правильный, ответ к моменту времени $K(t - t_0)$.

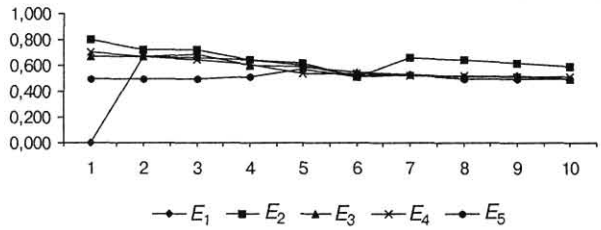
Вычисленные значения эффективности, достоверности и правдоподобности ответов пяти тестируемых претендентов приведены в табл. 6–8, а изменения их во времени показаны на рис. 1–3.

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 1–3, не позволяет непосредственно сравнить профессиональную пригодность тестируемых операторов. Однако бросается в глаза неудачность ответов оператора № 2 на последней стадии тестирования и очень малая эффективность у оператора № 1 в начале тестирования, что может говорить об их психологических особенностях.

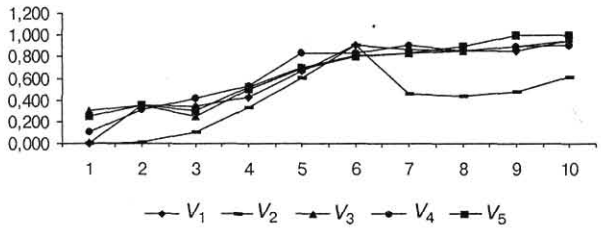
Таким образом конструировать (вычислять) компоненты вектора интеллекта, по которым можно будет сравнивать тестируемых претендентов, предлагается другим способом.

Статические компоненты вектора интеллекта

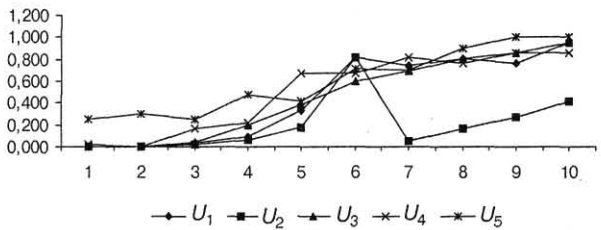
Статическими компонентами вектора интеллекта могут быть *степень осведомленности* тестируемого о данной сфере деятельности, *степень знания* о методах решения задач в данной предметной области, *степень понимания* выбора правильных решений из множества альтернативных и *степень мотивированности* при решении поставленных задач.



■ Рис. 1. Зависимость эффективности от интервала времени принятия решения



■ Рис. 2. Зависимость достоверности от интервала времени принятия решений



■ Рис. 3. Зависимость правдоподобности от интервала времени принятия решения

Вводимые компоненты являются аналогами соответствующих компонент, используемых в работах [5–7] для оценки систем искусственного интеллекта.

По результатам тестирования (см. табл. 1–5) можно вычислить оценку *неосведомленности* претендента (табл. 9, рис. 4):

$$O_i(K) = (n_{ia}(K) + m(n - 1)) / mn \quad (4)$$

и *степень осведомленности* (табл. 10, рис. 5):

$$I_{io} = 1/K \sum_{j=1}^K (1 - (O_i(j) - O_{i\min}) / (O_{i\max} - O_{i\min})), \quad (5)$$

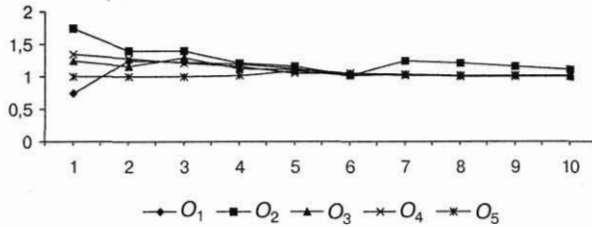
где $O_{i\max}$ и $O_{i\min}$ – максимальные и минимальные значения неосведомленности, приведенные в табл. 9.

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 4, показывает, что изменения неосведомленности во времени различны у претендентов, что может характеризовать их обучаемость и поэтому в дальнейшем эта информация будет использована при конструировании динамических компонент вектора интеллекта.

Из диаграммы на рис. 5 видно, что степени осведомленности у претендентов заметно отличаются и поэтому введенная оценка, в принципе, характеризует их интеллектуальность и может быть использована как одна из статических компонент вектора интеллекта.

■ Таблица 9. Неосведомленность

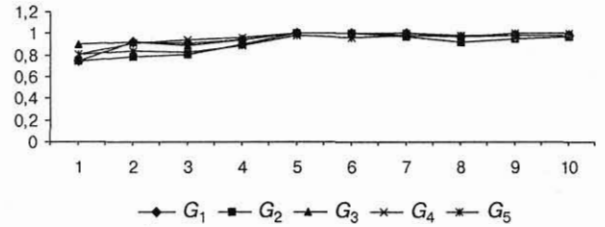
K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
O_{1k}	0,75	1,25	1,22	1,19	1,12	1,02	1,03	1,01	1,02	1,00
O_{2k}	1,75	1,40	1,39	1,20	1,16	1,02	1,24	1,20	1,16	1,11
O_{3k}	1,25	1,25	1,30	1,12	1,11	1,06	1,03	1,01	1,01	1,00
O_{4k}	1,35	1,27	1,20	1,15	1,05	1,05	1,02	1,02	1,01	1,01
O_{5k}	1,00	1,00	1,00	1,01	1,09	1,01	1,03	1,00	1,00	1,00



■ Рис. 4. Зависимость неосведомленности претендента от интервала времени принятия решения

■ Таблица 11. Знания

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G_{1k}	0,75	0,92	0,91	0,94	1,00	1,00	1,00	0,97	0,99	0,99
G_{2k}	0,75	0,79	0,81	0,90	1,00	1,00	0,97	0,95	0,95	0,97
G_{3k}	0,90	0,92	0,89	0,94	1,00	1,00	0,99	0,97	0,99	0,99
G_{4k}	0,81	0,91	0,94	0,96	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99
G_{5k}	0,81	0,84	0,82	0,89	0,99	0,96	0,99	0,97	1,00	1,00



■ Рис. 6. Зависимость знания от интервала времени принятия решения

Аналогично по результатам тестирования (см. табл. 1–5) можно вычислить оценку знания претендента (табл. 11, рис. 6):

$$G_i(K) = (n_{iK}(K) + m(n - 1)) / mn. \quad (6)$$

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 6, показывает, что знания изменяются в процессе раздумий несколько различно у претендентов, что может характеризовать их обучаемость и поэтому в дальнейшем эта информация будет использована при конструировании динамических компонент вектора интеллекта.

Степень знания (табл. 12, рис. 7) определим следующим образом:

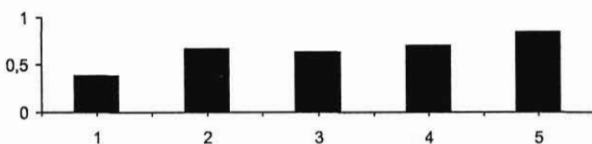
$$I_{Gi} = 1/K \sum_{j=1}^K (G_i(j) - G_{i\min}) / (G_{i\max} - G_{i\min}), \quad (7)$$

где $G_{i\max}$ и $G_{i\min}$ – максимальные и минимальные значения знания в табл. 11

Из диаграмм, приведенных на рис. 7, видно, что степени знаний у претендентов заметно отличаются и поэтому введенная оценка, в принципе, характеризует их интеллектуальность и может быть использована как одна из статических компонент вектора интеллекта.

■ Таблица 10. Степень осведомленности

i	1	2	3	4	5
I_{oi}	0,376	0,671	0,633	0,697	0,844



■ Рис. 5. Диаграммы степеней осведомленности I_{oi} тестируемых претендентов

Аналогично можно вычислить оценку понимания (табл. 13, рис. 8):

$$H_i(K) = (n_{iK}(K) + m(n - 1)) / mn. \quad (8)$$

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 8, показывает, что понимания при решении задач у претендентов изменяются в процессе раздумий несколько различным образом, что может характеризовать их обучаемость, и поэтому в дальнейшем эта информация будет использована при конструировании динамических компонент вектора интеллекта.

Степень понимания (табл. 14, рис. 9) определим так

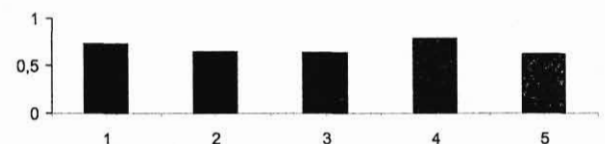
$$I_{Hi} = 1/K \sum_{j=1}^K (H_i(j) - H_{i\min}) / (H_{i\max} - H_{i\min}), \quad (9)$$

где $H_{i\max}$ и $H_{i\min}$ – максимальные и минимальные значения понимания (см. табл. 13).

Из диаграмм, приведенных на рис. 9, видно, что степени понимания у претендентов заметно отличаются и поэтому введенная оценка, в принципе, характеризует их интеллектуальность и может быть использована как одна из статических компонент вектора интеллекта.

■ Таблица 12. Степень знаний

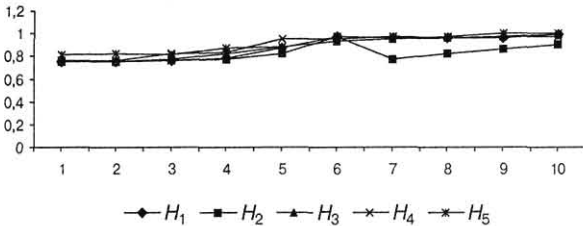
i	1	2	3	4	5
I_{Gi}	0,723	0,64	0,633	0,78	0,617



■ Рис. 7. Диаграмма степеней знания I_{Gi} тестируемых претендентов

■ Таблица 13. Понимания

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H_{1k}	0,75	0,75	0,76	0,79	0,87	0,97	0,96	0,96	0,96	0,99
H_{2k}	0,75	0,75	0,76	0,77	0,82	0,97	0,77	0,82	0,96	0,90
H_{3k}	0,75	0,75	0,77	0,82	0,89	0,94	0,95	0,96	0,97	0,99
H_{4k}	0,76	0,76	0,82	0,84	0,95	0,95	0,97	0,96	0,97	0,97
H_{5k}	0,81	0,82	0,81	0,87	0,89	0,94	0,95	0,97	1,00	1,00



■ Рис. 8. Зависимость понимания от интервала времени принятия решения

Используя вычисленные ранее значения достоверности ответов претендентов (табл. 7, рис. 2), можно вычислить их *инструктивность* (табл. 15, рис. 10):

$$L_{vi}(K) = |V_i(K) - 1/n|. \quad (10)$$

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 10, показывает, что инструктивность при решении задач у претендентов существенно изменяется в процессе раздумий, что может характеризовать их обучаемость, и поэтому в дальнейшем эта информация будет использована при конструировании динамических компонент вектора интеллекта.

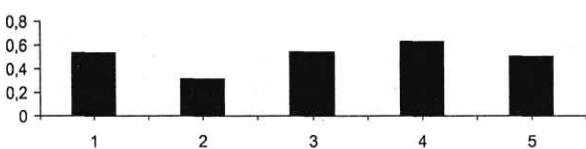
Используя вычисленные ранее значения правдоподобности ответов претендентов (см. табл. 8, рис. 3), можно вычислить их *информативность* (табл. 16, рис. 11):

$$L_{ui}(K) = |U_i(K) - 1/m|. \quad (11)$$

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 11, показывает, что информативность при решении задач у претендентов существенно изменяется в процессе раздумий, что может характеризовать их обучаемость, и поэтому в дальнейшем эта информация будет использована при конструировании динамических компонент вектора интеллекта.

■ Таблица 14. Степень понимания

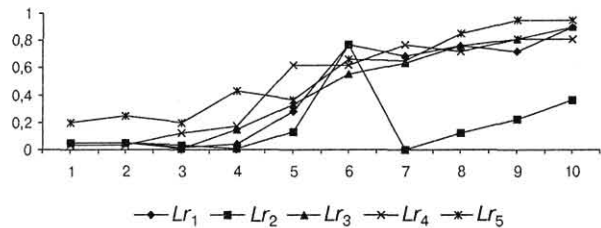
i	1	2	3	4	5
I_{Hi}	0,536	0,311	0,547	0,633	0,507



■ Рис. 9. Диаграмма степеней понимания I_{Hi} тестируемых претендентов

■ Таблица 15. Инструктивность

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_{v1}	0,05	0,05	0,02	0,04	0,28	0,77	0,69	0,76	0,72	0,9
L_{v2}	0,05	0,05	0,03	0,01	0,13	0,77	0	0,12	0,22	0,36
L_{v3}	0,05	0,05	0,01	0,15	0,33	0,55	0,64	0,76	0,81	0,9
L_{v4}	0,03	0,03	0,12	0,17	0,62	0,62	0,77	0,72	0,81	0,81
L_{v5}	0,2	0,25	0,2	0,43	0,36	0,66	0,65	0,85	0,95	0,95



■ Рис. 10. Зависимость инструктивности от интервала времени принятия решения

На основании инструктивности и информативности можно определить *мотивируемость* (табл. 17, рис. 12) претендентов при решении предлагаемых тестовых задач, вычисляемую в виде суммы:

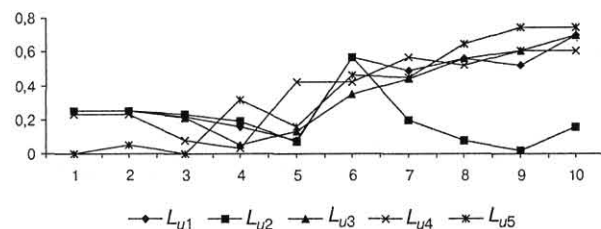
$$L_i(K) = k_v L_{vi}(K) + k_u L_{ui}(K), \quad (12)$$

где k_v и k_u – весовые коэффициенты (в рассматриваемом примере $k_v = k_u = 1$).

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 12, показывает, что мотивируемость при решении задач у претендентов существенно изменяется после примерно половины отведенного времени на раздумья, что может характеризовать их обучаемость, и поэтому в дальнейшем эта информация будет использована при конструировании динамических компонент вектора интеллекта. Кроме того, бросается в глаза резкий спад мотивируемости у оператора № 2 после примерно половины отведенного времени на раздумья, что может говорить о психологических особенностях этого оператора.

■ Таблица 16. Информативность

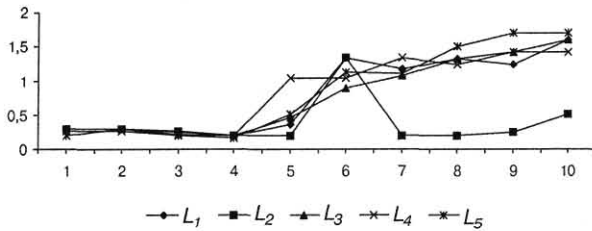
K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_{u1}	0,25	0,25	0,22	0,16	0,08	0,57	0,49	0,56	0,52	0,7
L_{u2}	0,25	0,25	0,23	0,19	0,07	0,57	0,2	0,08	0,02	0,16
L_{u3}	0,25	0,25	0,21	0,05	0,13	0,35	0,44	0,56	0,61	0,7
L_{u4}	0,23	0,23	0,08	0,03	0,42	0,42	0,57	0,52	0,61	0,61
L_{u5}	0	0,05	0	0,32	0,16	0,46	0,45	0,65	0,75	0,75



■ Рис. 11. Зависимость информативности от интервала времени принятия решения

■ Таблица 17. Мотивируемость

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L ₁	0,3	0,3	0,24	0,2	0,36	1,34	1,18	1,32	1,24	1,6
L ₂	0,3	0,3	0,26	0,2	0,2	1,34	0,2	0,2	0,24	0,52
L ₃	0,3	0,3	0,22	0,2	0,46	0,9	1,08	1,32	1,42	1,6
L ₄	0,26	0,26	0,2	0,2	1,04	1,04	1,34	1,24	1,42	1,42
L ₅	0,2	0,3	0,2	0,16	0,52	1,12	1,1	1,5	1,7	1,7



■ Рис. 12. Зависимость мотивируемости от интервала времени принятия решения

Степень мотивируемости (табл. 18 и рис. 13) будем определять как:

$$I_L = 1/K \sum_{j=1}^K (L_i(j) - L_{i\min}) / (L_{i\max} - L_{i\min}), \quad (13)$$

где L_{i^{max}} и L_{i^{min}} – максимальные и минимальные значения мотивируемости (см. табл. 17).

Из рис. 13 видно, что степени мотивируемости у претендентов заметно отличаются и соответствуют результатам тестирования. Поэтому введенная оценка, в принципе, характеризует их интеллектуальность и может быть использована как одна из статических компонент вектора интеллекта.

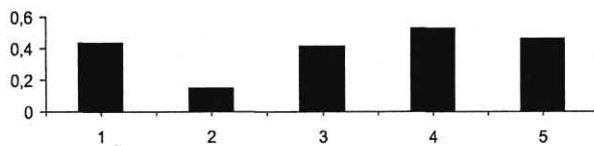
Таким образом, способность претендентов к решению поставленных тестовых задач и, соответственно, к принятию правильных решений в условиях неопределенности можно оценить по предлагаемым статическим компонентам вектора интеллекта (табл. 19, рис. 14).

Иногда можно использовать приближенную, среднюю оценку способности претендентов, к принятию решения в условиях неопределенности (табл. 20, рис. 15), вычисляемую следующим образом:

$$I_i^{ct} = 1/4 (k_{O_i} I_{O_i} + k_{G_i} I_{G_i} + k_{H_i} I_{H_i} + k_{L_i} I_{L_i}), \quad (14)$$

■ Таблица 18. Степень мотивируемости

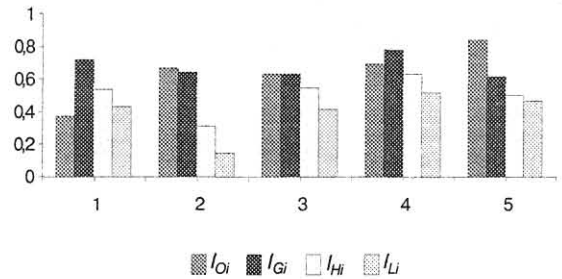
i	1	2	3	4	5
I _{L_i}	0,434	0,151	0,414	0,526	0,467



■ Рис. 13. Диаграмма степеней мотивируемости I_{L_i} тестируемых претендентов

■ Таблица 19. Статические компоненты вектора интеллекта

I	1	2	3	4	5
I _{O_i}	0,376	0,671	0,633	0,697	0,844
I _{G_i}	0,723	0,64	0,633	0,78	0,617
I _{H_i}	0,536	0,311	0,547	0,633	0,507
I _{L_i}	0,434	0,151	0,414	0,526	0,467



■ Рис. 14. Статические компоненты вектора интеллекта тестируемых претендентов

где k_{O_i}, k_{G_i}, k_{H_i} и k_{L_i} – весовые коэффициенты, которые в рассматриваемом примере равны единице.

Из диаграмм, приведенных на рис. 15, видно, что претендентов можно легко расставить согласно средней оценке по порядку от лучшего к худшему: (4, 5, 3, 1, 2). Следовательно, при условиях рассматриваемого примера, средняя статическая оценка интеллекта вполне может быть использована для оценки способности претендентов к принятию решений в условиях неопределенности.

Динамические компоненты вектора интеллекта

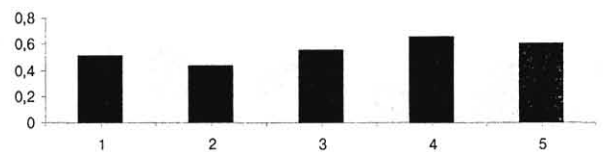
Динамические компоненты так же, как и в работах [5–7], характеризуют способность претендентов к обучению. Обучаемость претендентов может оцениваться вектором обучаемости (см. далее. табл. 25, рис. 20), компоненты которого вычисляются по результатам тестирования претендентов и характеризуются средними скоростями изменения осведомленности J_{O_i}, знания J_{G_i} и понимания J_{H_i}, вычисляемыми по формулам:

$$J_{O_i} = (\sum_K (\Delta O_i(K)) / \sum_K ((\Delta L_i(K))), \quad (15)$$

где ΔL_i(K) = (L_{iK+1} – L_{iK}) / (L_{i^{max}} – L_{i^{min}}) – изменение мотивируемости (табл. 21, рис. 16);

■ Таблица 20. Средняя статическая оценка интеллекта

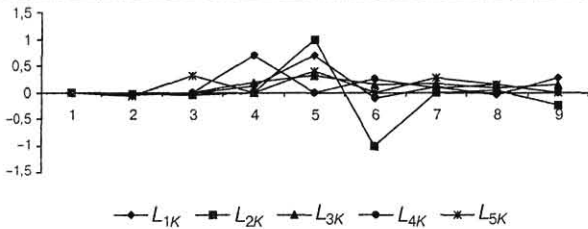
I	1	2	3	4	5
I _{I^{ct}}	0,517	0,443	0,557	0,659	0,609



■ Рис. 15. Средняя статическая оценка способностей I_{I^{ct}} тестируемых претендентов

■ Таблица 21. Изменение мотивируемости

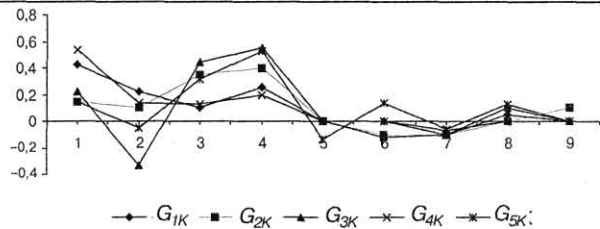
K	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L_{1K}	0	-0,042	-0,029	0,114	0,7	-0,114	0,1	-0,057	0,257
L_{2K}	0	-0,035	-0,053	0	1	-1	0	0,035	-0,245
L_{3K}	0	-0,057	-0,014	0,186	0,314	0,13	0,17	0,071	0,129
L_{4K}	0	-0,049	0	0,688	0	0,246	0,082	0,148	0
L_{5K}	0	-0,07	0,31	-0,017	0,4	-0,013	0,267	0,133	0



■ Рис. 16. Изменения мотивируемости от интервала времени принятия решения

■ Таблица 23. Изменение знания

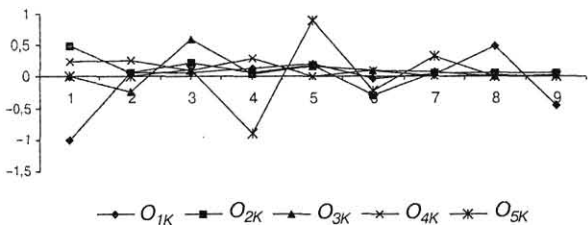
K	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G_{1K}	0,425	0,223	0,1	0,252	0	0	-0,1	0,048	0
G_{2K}	0,148	0,1	0,352	0,4	0	-0,1	-0,1	0	0,1
G_{3K}	0,221	-0,336	0,443	0,557	0	-0,115	-0,106	0,106	0
G_{4K}	0,537	0,132	0,131	0,2	0	0	-0,068	0	0
G_{5K}	0,142	-0,053	0,317	0,526	-0,132	0,132	-0,063	0,131	0



■ Рис. 18. Изменения знания от интервала времени принятия решения

■ Таблица 22. Изменение осведомленности

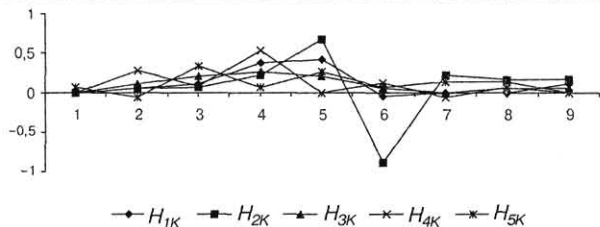
K	1	2	3	4	5	6	7	8	9
O_{1K}	-1	0,06	0,06	0,14	0,2	-0,02	0,04	0,48	-0,46
O_{2K}	0,48	0,055	0,219	0,054	0,192	-0,301	0,054	0,055	0,069
O_{3K}	0	-0,233	0,6	0,034	0,166	0,1	0,07	0	0,03
O_{4K}	0,235	0,256	0,097	0,294	0	0,088	0	0,03	0
O_{5K}	0	0	0,111	-0,889	0,889	-0,222	0,333	0	0



■ Рис. 17. Изменения осведомленности от интервала времени принятия решения

■ Таблица 24. Изменение понимания

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H_{1K}	0	0,051	0,105	0,371	0,422	-0,055	0	0	0,106
H_{2K}	0	0,053	0,058	0,222	0,667	-0,889	0,222	0,165	0,169
H_{3K}	0	0,105	0,211	0,262	0,211	0,055	0	0,055	0,051
H_{4K}	0	0,276	0,076	0,53	0	0,118	-0,061	0,061	0
H_{5K}	0,069	-0,069	0,335	0,064	0,266	0,069	0,133	0,133	0



■ Рис. 19. Изменения понимания от интервала времени принятия решения

$\Delta O_i(K) = (O_{iK+1} - O_{iK}) / (O_i^{\max} - O_i^{\min})$ – изменение осведомленности (табл. 22, рис. 17).

$$J_{Gi} = \left(\sum_K \Delta G_i(K) \right) / \left(\sum_K \Delta L_i(K) \right), \quad (16)$$

где $\Delta G_i(K) = (G_{iK+1} - G_{iK}) / (G_i^{\max} - G_i^{\min})$ – изменение знания (табл. 23, рис. 18).

$$J_{Hi} = \left(\sum_K \Delta H_i(K) \right) / \left(\sum_K \Delta L_i(K) \right), \quad (17)$$

где $\Delta H_i(K) = (H_{iK+1} - H_{iK}) / (H_i^{\max} - H_i^{\min})$ – изменение понимания (табл. 24, рис. 19).

Из зависимостей, приведенных на рис. 16–20, видно, что в процессе тестирования и раздумий у претендентов значительно изменяются осведомленность, знания и понимание, а рассчитанные по предложенным формулам компоненты вектора обучаемости существенно различны у тестируемых претендентов. Поэтому предложенная векторная оценка обучаемости может использоваться при отборе претендентов на роль оператора ЧМС. Кроме того, иногда можно использовать приближенную, среднюю оценку обучаемости претен-

дентов при принятии решений в условиях неопределенности (табл. 26, рис. 21), вычисляемую следующим образом:

$$J_i = 1/3 (k_O J_{O_i} + k_G J_{G_i} + k_H J_{H_i}), \quad (18)$$

где k_O, k_G, k_H – весовые коэффициенты, которые в рассматриваемом примере равны единице.

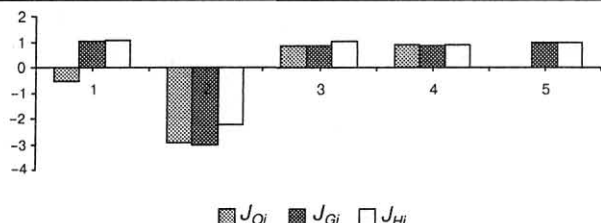
Из диаграммы, приведенной на рис. 21, видно, что средняя оценка обучаемости позволяет легко расставить претендентов по порядку от лучшего к худшему: 3, 4, 5, 1, 2. Следовательно, при условиях рассматриваемого примера средняя оценка обучаемости вполне может быть использована при отборе претендентов к работе в ЧМС по результатам тестирования.

Таким образом, при учете обучаемости вектор интеллекта будет иметь семь компонент (табл. 27, рис. 22), достаточно полно характеризующих способности претендентов для работы в ЧМС, соответствующей тестовым заданиям.

В ряде случаев можно использовать приближенную, среднюю оценку интеллекта претендентов при принятии решений в условиях неопределенности (табл. 28, рис. 23), вычисляемую так:

■ Таблица 25. Компоненты вектора обучаемости

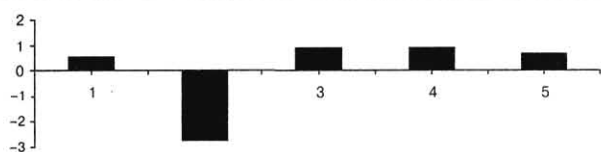
<i>I</i>	1	2	3	4	5
J_{oi}	-0,535	-2,94	0,826	0,897	0
J_{gi}	1,02	-3,02	0,83	0,836	1
J_{hi}	1,07	-2,24	1,02	0,897	1



■ Рис. 20. Компоненты вектора обучаемости

■ Таблица 26. Средняя оценка обучаемости

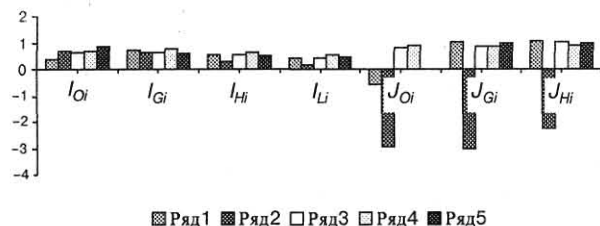
<i>I</i>	1	2	3	4	5
J_i	0,518	-2,73	0,892	0,877	0,667



■ Рис. 21. Диаграмма средних оценок обучаемости J_i

■ Таблица 27. Компоненты вектора интеллекта

<i>I</i>	1	2	3	4	5
I_{oi}	0,376	0,671	0,634	0,697	0,844
I_{gi}	0,723	0,64	0,633	0,78	0,617
I_{hi}	0,536	0,311	0,547	0,633	0,507
I_{li}	0,434	0,154	0,414	0,536	0,467
J_{oi}	-0,535	-2,94	0,826	0,897	0
J_{gi}	1,02	-3,02	0,83	0,836	1
J_{hi}	1,07	-2,24	1,02	0,897	1



■ Рис. 22. Компоненты вектора интеллекта

$I_i = 1/7 (k_{oi}I_{oi} + k_{gi}I_{gi} + k_{hi}I_{hi} + k_{li}I_{li} + C_{oi}J_{oi} + C_{gi}J_{gi} + C_{hi}J_{hi})$, (19)
 где $k_{oi}, k_{gi}, k_{hi}, k_{li}, C_{oi}, C_{gi}, C_{hi}$ – весовые коэффициенты, которые в рассматриваемом примере равны единице.

Из диаграммы, приведенной на рис. 23, видно, что средняя оценка интеллекта позволяет легко расставить претендентов по порядку от лучшего к худшему: 4, 5, 3, 1, 2. Следовательно, при условиях рассматриваемого примера средняя оценка интеллекта вполне может быть использована при отборе претендентов к работе в ЧМС по результатам тестирования.

■ Таблица 28. Средняя оценка интеллекта

<i>I</i>	1	2	3	4	5
I_i	0,517	-0,19	0,624	0,703	0,62



■ Рис. 23. Диаграмма средних оценок интеллекта I_i

Закключение

Введенные оценки результатов тестирования претендентов на работу в качестве оператора ЧМС позволяют более полно учитывать особенности их мышления, так как они имеют статические и динамические компоненты, учитывающие как способности к принятию решений в условиях неопределенности, так и способности к обучению в процессе работы. В ряде случаев векторные оценки могут быть заменены средними оценками интеллекта, позволяющими легко ранжировать претендентов от лучших к худшему. Однако при этом часть информации теряется. В частности, в рассматриваемом тестовом примере статические и динамические средние оценки дают разное распределение претендентов по степени их пригодности к работе в данной ЧМС. Последнее может означать, что при длительной работе в качестве оператора данной ЧМС оператор № 3 окажется более перспективным, чем, скажем, операторы № 5 или № 4, имеющие на момент окончания тестирования лучшие средние оценки интеллекта, так как у оператора № 3 наивысшая средняя оценка обучаемости.

Представляется, что более тонкое исследование характера изменения во времени предложенных оценок претендентов по результатам тестирования поможет выявить ряд важных для работы в ЧМС психологических особенностей операторов, например таких, как решительность, настойчивость, уверенность и др. [8]. При этом не менее важной проблемой является формирование наиболее информативных тестовых задач по конкретной ЧМС.

Литература

1. Управление в условиях неопределенности. / Под ред. А. Е. Городецкого. – СПб.: СПбГТУ, 2002. – 398 с.
2. Аофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах. – М.: Сов. Радио, 1974. – 269 с.
3. Chein, Isadore. On the Nature of Intelligence // The Journal of General Psychology. – 32 (1945). – P. 11–126.
4. Getzel J. W. and Jackson P. W. Creativity and Intelligence. – New York: John Wiley and Sons, 1962. – 290 p.
5. Городецкий А. Е. Оценка качества экспертных систем, как систем целеустремленных действий // Проблемы физической метрологии. – СПб.: Изд-во КН, 1996. – С. 118–126.
6. Городецкий А. Е. Об использовании ситуации привычности для ускорения принятия решения в интеллектуальных информационно-измерительных системах // Физическая метрология: теоретические и прикладные аспекты. – СПб.: Изд-во КН, 1996. – С. 141–151.
7. Gorodetsky A. E. Fuzzy Decision Making in Design on the Basis of the Hubtuality // Fuzzy System Design, L. Reznik, V. Dimitrov, J. Kasprzyk, Physica Verlag – 1998.
8. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. – СПб.: ООО «Речь», 2002. – 350 с.