

УДК 004.032.26

DOI:

Гитис В. Б., Гитис Т. П.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АНАЛИЗА УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

В настоящее время наблюдается все большее повышение требований к общеобразовательному и профессиональному уровню подготовки рабочих-станочников. Это обуславливается тем, что наличие высококвалифицированной рабочей силы является одним из важнейших факторов повышения производительности труда и обеспечения выпуска конкурентоспособной продукции. Станочник должен знать конструкцию обслуживаемого оборудования, всех его узлов и механизмов (механических, электрических, гидравлических, электронных); уметь разрабатывать технологию обработки деталей, выбирать режимы резания; настраивать управляющие программы; квалифицированно проводить наладку станка в максимально короткое время. Фактически труд станочника становится аналогичному труду техника и инженера и, следовательно, рабочий-станочник должен постоянно повышать свой профессиональный уровень.

Таким образом, совершенствование системы профессионального развития станочников является одним из приоритетных направлений деятельности по управлению персоналом предприятия [1].

При этом важным этапом является внедрение объективной системы оценки, которая позволит формировать у станочников мотивацию к повышению уровня своего профессионализма. Несмотря на многочисленные исследования в области оценки персонала, многие как украинские, так и зарубежные учёные отмечают несовершенство оценочных процедур и недостаточную научную обоснованность многих рекомендаций [2, 3].

Целью работы является исследование особенностей применения средств искусственного интеллекта, а именно, нейронных сетей, для повышения точности, объективности и научной обоснованности оценочных процедур.

При этом реализуется подход к оценке уровня индивидуального профессионального развития станочников как к задаче распознавания профессиональных образов, являющихся целостной совокупностью сформированных в процессе обучения и трудовой деятельности признаков, которые характеризуют объем накопления и практического использования знаний и определяют уровень профессионального развития станочника. Для реализации такого подхода предложено применение самоорганизующихся карт Кохонена.

Количество нейронов карты Кохонена должно быть достаточным для освоения обучающего множества с удовлетворительной точностью. На практике для оценки точности аппроксимации примеров обучающего множества используется евклидово расстояние от каждой точки данных до ближайшего к ней узла карты. Обычно в качестве достаточной принимается величина 0,05. В качестве начального количества нейронов карты можно принять число оцениваемых станочников. Дальнейшее увеличение числа нейронов повышает точность классификации. Распределение нейронов по сторонам карты должно быть таким, чтобы карта была близка к квадратной. Такая форма карты позволяет задавать нейронам максимально равномерное количество нейронов-соседей.

Для изучения предложенных станочников цеха была построена карта Кохонена, состоящая из 240 нейронов. В качестве функции соседства при обучении использовалась функция Гаусса. Карта была разбита на четыре кластера – уровня профессионального развития (обозначенные римскими цифрами). Результаты кластеризации представлены на рис. 1.

	63			26	45		31	67		34		58		9	18
65		17						2				14			71
				III		42	29	62						20	
19										38					69
25				35	4			32				8			
	3										IV				48
						7					30	41			1
36								11			52				
			37			60				28					
27								12				70			
61				53									56		
	I	10					59	II		15				57	
13	54			16		47					22				21
		49				5			40						55
33	6	46		23	24		66	50	44		43		68		51

Рис. 1. Разбиение карты Кохонена на четыре кластера

Изучить распределение станочников по нейронам карты позволяет расстановка меток. На рис. 2 отмечены нейроны, возбуждающиеся при подаче характеристик станочников из табл. 1.

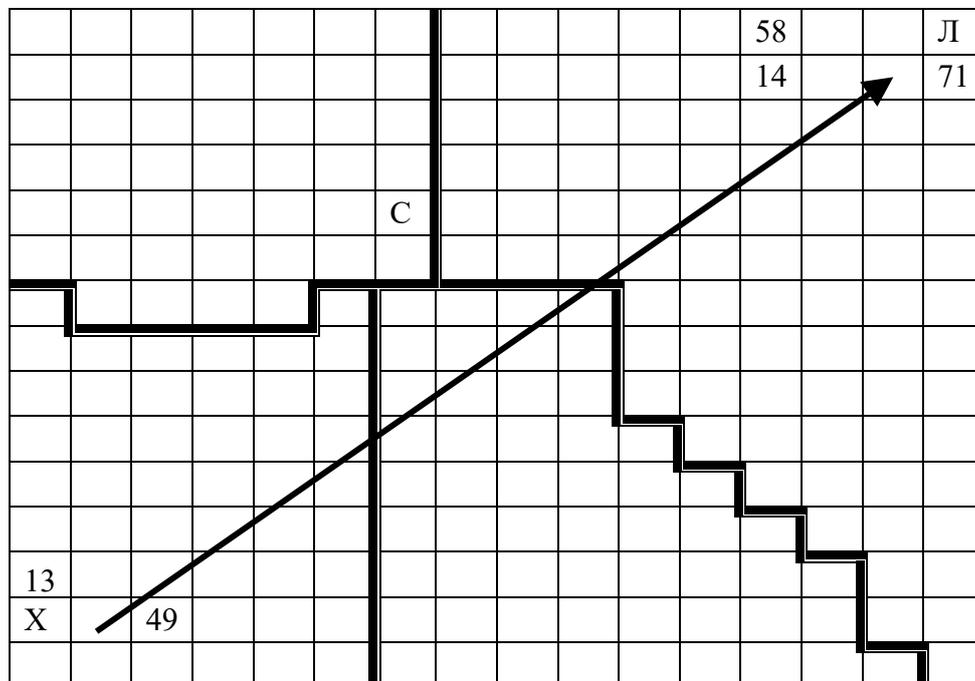


Рис. 2. Позиции тестовых меток на карте Кохонена

Таблица 1

Метки для тестирования сети Кохонена

Метка	Критерии оценки										
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
Лучший	6	5	1	3	2	45	2	4,5	0	2520	1774
Худший	1	2	0	0	0	2	0	2,1	2	305	275
Средний	1,93	3,23	0,25	0,38	0,38	20,04	0,46	3,10	0,18	1242	1183

Как видно из рис. 2, при подаче на вход карты станочников с высокими показателями возбуждаются нейроны, расположенные в правом верхнем углу карты в четвертом кластере и, наоборот, нейроны, реагирующие на «слабых» станочников сосредоточены в левом нижнем углу в первом кластере. Станочник с усредненными показателями размещен в центре карты в третьем кластере (как и в одномерной сети Кохонена).

Таким образом, уровень профессионального развития станочников растет при перемещении по карте по диагонали из левого нижнего угла в правый верхний, а также снизу вверх и слева направо.

Важнейшим способом анализа результатов работы карты Кохонена является «окрашивание» ее значениями отдельных входных признаков и последующее изучение раскрасок.

На рис. 3 приведен пример такого раскрашивания путем маркирования нейронов карты разрядами станочников, на которых возбуждаются эти нейроны.

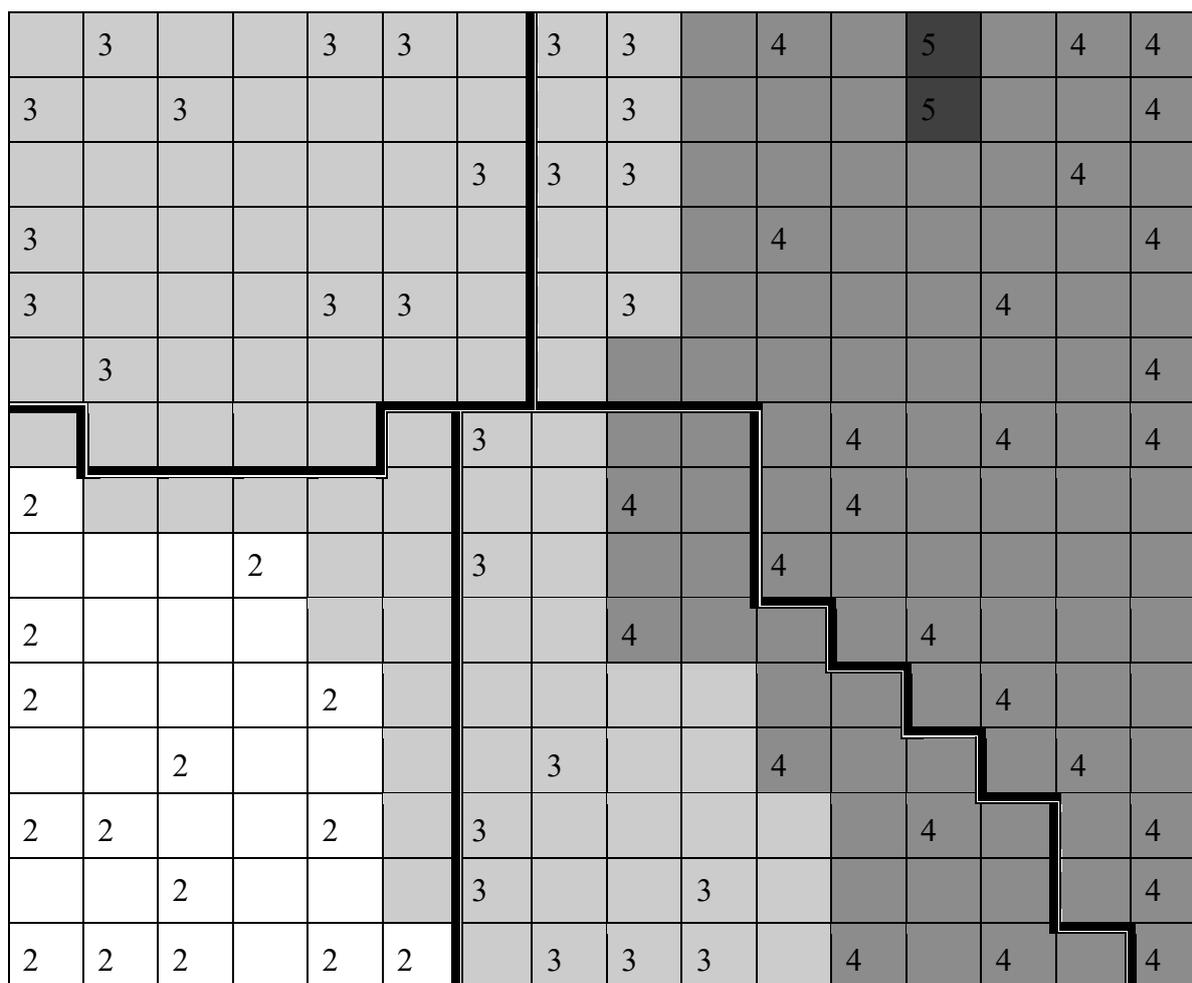


Рис. 3. Раскрашивание карты Кохонена разрядами станочников

Как видно из рисунка, расположение станочников на карте позволяет четко разграничить четыре области, соответствующие разрядам станочников. Разряд станочников возрастает по диагонали карты от левого нижнего угла к правому верхнему, то есть имеет ту же направленность, что и уровни профессионального развития (см. рис. 2).

Накладывая полученную ранее кластерную структуру на поразрядное разбиение, можно видеть, что в первом кластере сосредоточены станочники, имеющие второй разряд. Область третьего разряда разбита на два кластера (второй и третий). Причем третий кластер состоит исключительно из станочников третьего разряда. Разбиение третьего разряда на два уровня уточняет исходную оценку квалификации станочников, делая ее более подробной. Четвертый кластер состоит, в основном, из станочников четвертого и пятого разряда, однако включает также и небольшое количество станочников третьего разряда. Таким образом, разбиение карты по разрядам станочников и по уровням их профессионального развития показывает сходное ранжирование станочников при оценке их профессионализма.

В то же время границы кластеров и границы разрядов не совпадают. Это обусловлено тем, что при кластеризации, помимо разряда станочников, учитывались дополнительные критерии оценки. Таким образом, можно сделать вывод, что предложенная методика оценки уровня профессионального развития станочников в целом подтверждает обоснованность имеющихся разрядов у станочников, однако при этом вносит свои уточнения в оценку их профессионализма.

При необходимости полученную карту можно использовать совместно с системой оценки квалификации, применяемой на предприятии, основанной на разрядах станочников [4]. Для этого можно принять за основу разрядную систему и провести с помощью сети Кохонена разбиение станочников на подразряды внутри существующих разрядов. В качестве примера станочники каждого из разрядов были разбиты с помощью трехнейронных одномерных сетей Кохонена на три подразряда. Разбиение было проведено для второго, третьего и четвертого разрядов. Станочники пятого разряда не разбивались в связи с их малой численностью.

Результаты разбиения разрядов на подразряды нанесены на имеющуюся карту Кохонена (рис. 4).

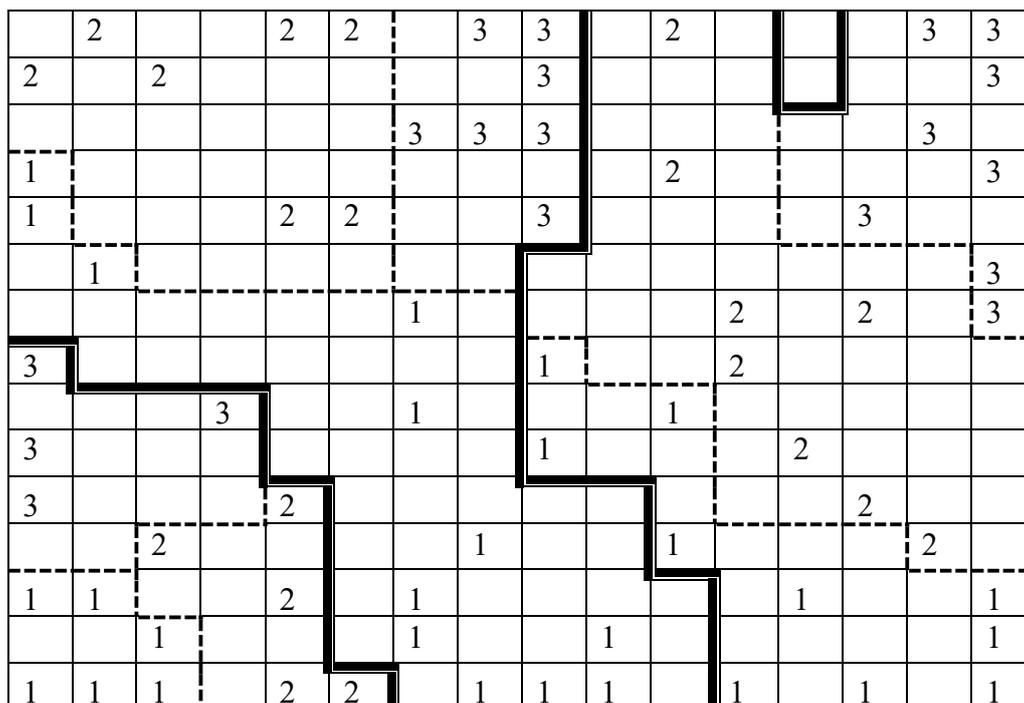


Рис. 4. Результаты разбиения разрядов на подразряды

Границы разрядов на карте обозначены жирной черной линией. Границы подразрядов обозначены пунктирной линией.

Полученное разбиение разрядов на подразряды содержит основные черты разбиения станочников на кластеры. Так расположение подразрядов третьего разряда близко по форме к разбиению этой зоны карты на второй и третий кластер: второй и третий подразряды составляют третий кластер, а первый подразряд – второй. Причем третий подразряд демонстрирует тяготение группы станочников третьего разряда к четвертому.

Второй разряд разбивается на первый подразряд, содержащий станочников с наиболее низкими показателями, второй подразряд, тяготеющий ко второму кластеру (или первому подразряду третьего разряда) и третий подразряд, содержащий станочников, тяготеющих к третьему кластеру. Разбиение четвертого подразряда соответствует расположению станочников в четвертом кластере.

Как было отмечено при анализе характеристик кластеров, уровень индивидуального профессионального развития станочников повышается по мере продвижения по карте снизу вверх. Поэтому первый подразряд четвертого разряда содержит станочников с наиболее низкими показателями среди станочников четвертого разряда. И, наоборот, третий подразряд включает наиболее «сильных» станочников.

Проверить соотношение подразрядов в разрядах также можно с помощью установки на карте меток (табл. 2) [5].

Таблица 2

Метки для идентификации подразрядов

Разряд	Наименование метки	Характеристика метки	Нейрон-победитель
2	Л	Максимальные характеристики	213
	С	Усредненные характеристики	178
	Х	Минимальные характеристики	209
	13	Худший по длине вектора	193
	24	Лучший по длине вектора	230
	36	Лучший по числу максимумов	113
3	2	Лучший по числу максимумов	25
	5	Худший по числу минимумов	215
	17	Лучший по длине вектора	19
	Л	Максимальные характеристики	16
	С	Усредненные характеристики	158
4	Х	Минимальные характеристики	220
	43	Худший по длине вектора	236
	48	Лучший по длине вектора	96
	71	Лучший по числу максимумов	32

В табл. 2 представлены метки, соответствующие как реальным станочникам цеха (наименование метки – номер станочника), так и гипотетическим станочником.

На рис. 5 показано размещение меток внутри разрядов. Как видно из рисунка распределение меток на карте соответствует предположениям о соотношении подразрядов. При этом заслуживают внимания станочники 24 и 36, расположение которых указывает на высокую потенциальную возможность их перехода соответственно во второй и третий кластер.

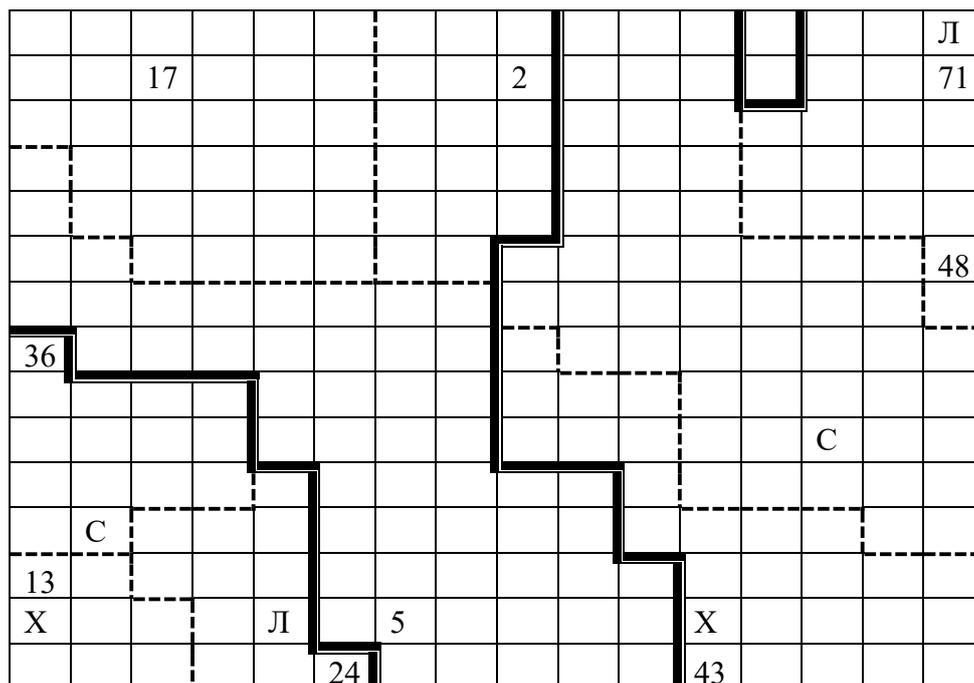


Рис. 5. Размещение меток внутри разрядов

Таким образом, карту Кохонена можно использовать для классификации исходной совокупности станочников по произвольному количеству квалификационных уровней, определяющих степень профессионального развития рабочего.

ВЫВОДЫ

Предлагаемый подход к оценке профессионализма станочников с использованием карт Кохонена позволит:

- комплексно анализировать уровень профессионального развития каждого станочника;
- сформировать систему подразрядов в рамках каждого квалификационного разряда, что позволит существенно расширить возможности профессионального роста для станочников;
- обеспечить обоснованность управленческих решений по вопросам необходимости обучения, повышения квалификации, карьерного роста, материального стимулирования станочников разных уровней профессионального развития;
- повысить мотивационный эффект оценочных процедур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еськов А. Л. Мотивационный механизм в системе производственного менеджмента: проблемы и решения: [монография]. НАН Украины. Ин-т экономики пром-сти. – Донецк: [б. и.], 2005. 390 с.
2. Еськов А. Л., Гитис Т. П. Планирование карьеры станочника. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2010. Т. 1. № 2. С. 190–194.
3. Еськов А. Л., Гитис Т. П. Совершенствование процедуры оценки профессионализма работников предприятия. *Економічний вісник Донбасу*. 2012. № 1 (27). С. 193–197.
4. Еськов А. Л., Гитис Т. П. Управление профессиональным развитием персонала предприятия на основе его оценки. *Економіка та право*. 2013. № 2(36). С. 87–92
5. Гитис Т. П., Гитис В. Б. Интеллектуальные методы управления персоналом предприятия: монография. Краматорск: ДГМА, 2014. 140 с.

REFERENCES

1. Eskov A.L. Motivational mechanism in the system of production management: problems and solutions: [monograph]. NAS of Ukraine. Inst of Economics prom-sti. Donetsk: [b. i.], 2005. 390 p.
2. Eskov A.L., Gitis T.P. Planning the career of a machine operator. *Bulletin of Khmelnytsky National University*. 2010. Vol.1. №2. P. 190–194.
3. Eskov A.L., Gitis T.P. Improving the procedure for assessing the professionalism of employees of the enterprise. *Economic Bulletin of Donbass*. 2012. №1 (27). P. 193–197.
4. Eskov A.L., Gitis T.P. Management of professional development of personnel of the enterprise on the basis of its assessment. *Economics and law*. 2013. №2 (36). P.87–92.
5. Gitis T.P., Gitis V.B. Intellectual methods of enterprise personnel management: monograph. Kramatorsk, DGMA, 2014. 140 p.

АВТОРИ / АВТОРЫ / AUTORS

Гітіс В. Б. – канд. техн. наук, доц. доц. кафедри ІСПР ДДМА;
Гитис В. Б. – канд. техн. наук, доц. кафедры ИСПР ДГМА;
Gitis V. B. – Candidate of Technical Science, Associate Professor DSEA.
E-mail: veniamin.gitis@dgma.donetsk.ua

Гітіс Т. П. – канд. екон. наук, доц. доц. кафедри ІСПР ДДМА;
Гитис Т. П. – канд. экон. наук, доц. кафедры ИСПР ДГМА;
Gitis T. P. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor DSEA.
E-mail: tatyana.gitis@gmail.com

Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА), м. Краматорськ.
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА), г. Краматорск.
Donbass State Engineering Academy (DSEA), Kramatorsk.

АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ANNOTATION

Гітіс В. Б., Гітіс Т. П. Застосування засобів штучного інтелекту для аналізу рівня розвитку трудових ресурсів підприємства. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. 2020. № 1 (48).

У статті розглядається можливість застосування засобів штучного інтелекту для аналізу професійного розвитку трудових ресурсів машинобудівних підприємств. Підкреслюється необхідність впровадження об'єктивної системи оцінки, яка дозволить формувати у верстатників мотивацію до підвищення рівня свого професіоналізму. Запропоновано підхід до оцінки рівня індивідуального професійного розвитку верстатників як до задачі розпізнавання професійних образів, що є цілісною сукупністю сформованих у процесі навчання і трудової діяльності ознак, які характеризують обсяг накопичення і практичного використання знань і визначають рівень професійного розвитку верстатника. Для реалізації такого підходу запропоновано застосування самоорганізованих мап Кохонена. З метою аналізу характеристик запропонованих верстатників цеху була побудована мапа Кохонена і показано розподіл верстатників по нейронах карти за допомогою розстановки міток. Також продемонстровано спосіб аналізу результатів роботи мапи Кохонена фарбуванням її значеннями окремих вхідних ознак з подальшим вивченням розмальовок. Показана можливість використання отриманої мапи спільно з системою оцінки кваліфікації, що застосовується на підприємстві, заснованої на розрядах верстатників. При цьому отримане розбиття розрядів на підрозряди містить основні риси розбиття верстатників на кластери. Також продемонстрована можливість використання мапи Кохонена для класифікації вихідної сукупності верстатників за довільною кількістю кваліфікаційних рівнів, що визначають ступінь професійного розвитку робітника. Застосування отриманих в процесі досліджень результатів дозволить комплексно аналізувати рівень професійного розвитку кожного верстатника; сформулювати систему підрозрядів в рамках кожного кваліфікаційного розряду, що дозволить істотно розширити можливості професійного зростання для верстатників; забезпечити обґрунтованість управлінських рішень з питань необхідності навчання, підвищення кваліфікації, кар'єрного росту, матеріального стимулювання верстатників різних рівнів професійного розвитку; підвищити мотиваційний ефект оціночних процедур.

Ключові слова: професійний розвиток, підвищення кваліфікації, трудові ресурси, самоорганізована карта, нейрон, кластер, клас.

Гитис В. Б., Гитис Т. П. Применение средств искусственного интеллекта для анализа уровня развития трудовых ресурсов предприятия. Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. 2020. № 1 (48).

В статье рассматривается возможность применения средств искусственного интеллекта для анализа профессионального развития трудовых ресурсов машиностроительных предприятий. Подчеркивается необходимость внедрения объективной системы оценки, которая позволит формировать у станочников мотивацию к повышению уровня своего профессионализма. Предложен подход к оценке уровня индивидуального профессионального развития станочников как к задаче распознавания профессиональных образов, являющихся целостной совокупностью сформированных в процессе обучения и трудовой деятельности признаков, которые характеризуют объем накопления и практического использования знаний и определяют уровень профессионального развития станочника. Для реализации такого подхода предложено применение самоорганизующихся карт Кохонена. В целях анализа характеристик предложенных станочников цеха была построена карта Кохонена и показано распределение станочников по нейронам карты с помощью расстановки меток. Также продемонстрирован способ анализа результатов работы карты Кохонена окрашиванием ее значениями отдельных входных признаков с последующим изучением раскрасок. Показана возможность использования полученной карты совместно с системой оценки квалификации, применяемой на предприятии, основанной на разрядах станочников. При этом полученное разбиение разрядов на подразряды содержит основные черты разбиения станочников на кластеры. Также продемонстрирована возможность использования карты Кохонена для классификации исходной совокупности станочников по произвольному количеству квалификационных уровней, определяющих степень профессионального развития рабочего. Применение полученных в процессе исследований результатов позволит комплексно анализировать уровень профессионального развития каждого станочника; сформировать систему подразрядов в рамках каждого квалификационного разряда, что позволит существенно расширить возможности профессионального роста для станочников; обеспечить обоснованность управленческих решений по вопросам необходимости обучения, повышения квалификации, карьерного роста, материального стимулирования станочников разных уровней профессионального развития; повысить мотивационный эффект оценочных процедур.

Ключевые слова: профессиональное развитие, повышение квалификации, трудовые ресурсы, самоорганизующаяся карта, нейрон, кластер, класс.

Gitis V. B., Gitis T. P. The use of artificial intelligence tools to analyze the level of development of the enterprise's workforce. Herald of the DSEA. 2020. № 1 (48).

The article considers the possibility of using artificial intelligence tools to analyze the professional development of the workforce of machine-building enterprises. The need to introduce an objective evaluation system that will allow machine operators to be motivated to improve their level of professionalism is emphasized. An approach is proposed to assess the level of individual professional development of machine operators as a problem of recognizing professional images, which are an integral set of characteristics formed in the process of training and work, which characterize the volume of accumulation and practical use of knowledge and determine the level of professional development of the machine operator. To implement this approach, we propose the use of self-organizing Kohonen maps. In order to analyze the characteristics of the proposed machine shop workers, a Kohonen map was constructed and the distribution of machine workers across the map's neurons was shown using placemarks. We also demonstrate a method for analyzing the results of the Kohonen map by coloring it with the values of individual input features and then studying the colorings. The possibility of using the obtained map in conjunction with the qualification assessment system used in the enterprise, based on the ranks of machine operators, is shown. At the same time, the resulting division of bits into sub-bits contains the main features of splitting machine operators into clusters. It is also demonstrated that the Kohonen map can be used to classify the initial set of machine operators by an arbitrary number of qualification levels that determine the degree of professional development of the worker. The use of the results obtained in the research process will allow a comprehensive analysis of the level of professional development of each machine operator; to form a system of sub-categories within each qualification category, which will significantly expand the opportunities for professional growth for machine operators; to ensure the validity of management decisions on the need for training, professional development, career growth, financial incentives for machine operators of different levels of professional development; to increase the motivational effect of evaluation procedures.

Keywords: professional development, training, human resources, self-organizing map, neuron, cluster, class.