

УДК 336

М. В. Мельничук

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва,
email: mvmelnichuk@fa.ru

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ КОГНИТИВНЫХ КАРТ КОМПЕТЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА

Ключевые слова: человеческий капитал; когнитивная карта; компетенции; когнитивное моделирование.

Предлагается алгоритм разработки матрицы неявного взаимного влияния компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики и определена степень их взаимодействия. Построена диаграмма Исикавы, позволяющая наглядно определить наиболее существенные казуальные связи между оцениваемыми предикторами. Предложена когнитивная карта компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики, представляющая собой формализованные взаимосвязи между переменными и позволяющая оценить предикторы, наиболее сильно влияющие друг на друга.

M. V. Melnichuk

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,
email: mvmelnichuk@fa.ru

REVISITING THE BUILDING COGNITIVE MAPS OF HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT COMPETENCIES

Keywords: human capital; cognitive map; competence; cognitive modeling.

An algorithm for the development of a matrix of implicit mutual influence of the competences of human capital development in high-tech and knowledge-intensive sectors of the economy is proposed and the degree of their interaction is determined. The Ishikawa diagram is constructed, which allows to visually determine the most significant casual connections between the estimated predictors. A cognitive map of human capital development competencies in high-tech and knowledge-intensive sectors of the economy is proposed, which is a formalized relationship between variables and allows one to assess the predictors that most strongly influence each other.

В работах отечественных и зарубежных как ученых-теоретиков, так и ученых-практиков всегда прослеживался особый интерес к моделированию сложных систем, при этом взаимосвязи между показателями в них количественно определяемы. Для неявных количественных связей между анализируемыми переменными применяется методология предложенного Р. Аксельродом когнитивного моделирования [12, 13].

Когнитивные модели позволяют прогнозировать несколько аспектов или переменных при их взаимодействии, наблюдаемом в эмпирических исследованиях. Также когнитивные модели помогают понять, какие взаимосвязанные процессы приводят к наблюдаемому результату, дать представление о задачах, которые слишком сложны для анализа с помощью контролируемых экспериментов [1, 2, 6, 8, 11, 14, 16].

Когнитивное моделирование получило широкое распространение во многих приложениях искусственного интеллекта, таких как экспертные системы, нейронные сети, «обучение с подкреплением – reinforcement learning», приложения робототехники и виртуальной реальности. Так, нейронные сети обеспечивают обработку больших данных и накопление их для построения алгоритмов. Пропуская данные через большое количество вычислительных узлов (искусственных нейронов, которые передают информацию в разных направлениях), происходит накопление информации и ее распределение (рис. 1), что позволяет формировать прогнозные модели.

Reinforcement learning предполагает поощрение желаемого поведения и ограничение нежелательного.

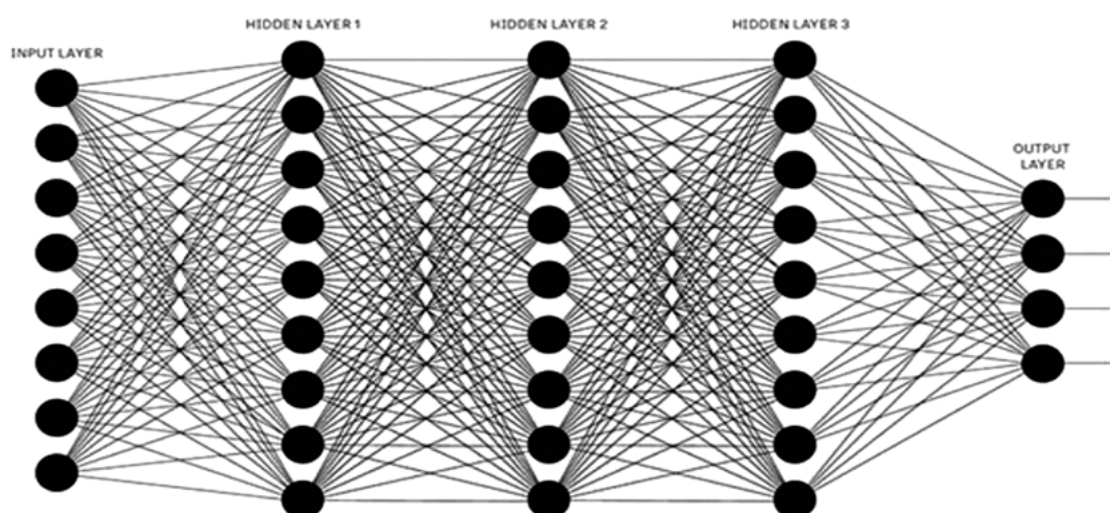


Рис. 1. Пример когнитивной карты в построении нейронных сетей

Источник: Ed Burns, Cognitive modeling <https://searchenterpriseai.techtarget.com/definition/cognitive-modeling>

Желательным действиям присваиваются положительные значения, что обеспечивает их стимулирование.

В свою очередь, блокируется нежелательное поведение путем присвоения подобным действиям отрицательных значений.

Когнитивное моделирование применяется в образовании, здравоохранении, маркетинге, бизнес-процессах и др. Человеческий капитал и потенциал его развития также выделяется среди многих областей применения когнитивных вычислений [3-5, 9-10, 15, 17].

Цель исследования заключается в **разработке** когнитивных карт компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики.

Материалы и методы исследования

В работе используются традиционные методы исследования (индукции, дедукции, сравнительного анализа), а также метод построения диаграммы Исикавы и метод нечеткого визуального матричного анализа.

С целью построения когнитивной карты компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики были поставлены следующие задачи:

– сформировать список концептов, необходимых для построения матрицы взаимного влияния компетенций;

– разработать шкалу оценивания степени взаимного влияния анализируемых переменных;

– обосновать выбор экспертов и провести их анкетирование; сгруппировать мнения экспертов и обеспечить количественное наполнение матрицы взаимного влияния компетенций, с учетом степени влияния анализируемых переменных;

– построить диаграмму Исикавы, позволяющую наглядно определить наиболее существенные казуальные связи между оцениваемыми предикторами;

– построить когнитивную карту компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики, включающую анализируемые переменные и направления взаимосвязей между ними.

Список концептов, необходимых для построения матрицы взаимного влияния компетенций

В целях анализа взаимного влияния были использованы десять наиболее значимых по мнению автора концептов – компетенции человеческого капитала высокотехнологичных и наукоемких отраслей экономики, среди которых:

1. Умение находить и использовать информацию из различных источников;

2. Способность осваивать новые области знаний и умения;
3. Аналитические способности;
4. Умение мыслить нестандартно;
5. Коммуникативные навыки, умение работать в команде;
6. Инициативность;
7. Умение четко излагать мысли;
8. Умение использовать современные программные продукты;
9. Способность правильно распределять время;
10. Умение работать в условиях мультизадачности.

Шкала оценивания степени взаимного влияния анализируемых переменных

Таблица 1

Шкала оценивания степени взаимного влияния анализируемых переменных

Степень влияния фактора (переменной)	Характеристика	Степень влияния фактора (переменной)	Характеристика
(+0,1) – (+1)	Очень слабое положительное влияние	0	Отсутствие влияния
		0,1 – (-1)	Очень слабое отрицательное влияние
(+1,1) – (+2)	Слабое положительное влияние	(-1,1) – (-2)	Слабое отрицательное влияние
(+2,1) – (+3)	Умеренное положительное влияние	(-2,1) – (-3)	Умеренное отрицательное влияние
(+3,1) – (+4)	Сильное положительное влияние	(-3,1) – (-4)	Сильное отрицательное влияние
(+4,1) – (+5)	Очень сильное положительное влияние	(-4,1) – (-5)	Очень сильное отрицательное влияние

Источник: составлено автором [17].

Построение когнитивной карты основано на наблюдениях, передающих знания по взаимодействию и взаимовлиянию исследуемых факторов. Степень взаимодействия между переменными оценивается по шкале, представленной в таблице 1.

Экспертное мнение

Когнитивная карта, описывающая нечеткое взаимное влияние компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики, была построена на анализе экспертных оценок, при этом экспертами выступали преподаватели вуза.

Выбор экспертов осуществлялся двумя методами: априорным и методом объективной оценки компетентности – документационным. Априорный метод не предполагает учет предыдущего опыта участия в экспертизах подобного рода, а основан на положительных рекомендациях лиц, заслуживающих доверие в данном вопросе. В свою очередь, документационный метод базируется на учете уровня образования, места работы, стажа по данному направлению деятельности и других характеристиках.

Исходя из требований документационного метода был проведен отбор преподавателей вуза со стажем работы не менее пяти лет. Выбор в качестве экспертов преподавателей основывался на компетенциях современного преподавателя, способного четко излагать мысли, обладающего аналитическими способностями, владеющего методами поиска информации в русских и иноязычных источниках и т.п., что полностью соответствует базовым компетенциям человеческого капитала.

Результатом обобщения экспертной оценки стала разработка матрицы взаимного влияния исследуемых переменных – компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики, – учитывающей степень взаимного влияния факторов [7]. Исследованием установлено, что из девяноста возможных вариаций взаимного влияния компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики в двадцати четырех

комбинациях отсутствуют какие-либо взаимосвязи и их дальнейшая оценка нецелесообразна [7].

Интенсивность влияния переменных оценивалась исходя из расчета среднеарифметической значений, присвоенных экспертами по каждому предиктору.

Матрица проиллюстрировала наиболее значимые взаимосвязи между переменными, среди которых «Умение работать в условиях мультизадачности» и «Умение находить и использовать информацию из различных источников», «Умение находить и использовать информацию из различных источников» и «Аналитические способности», оцениваемые экспертами в «5» баллов и, соответственно наименее значимые взаимосвязи (табл. 2).

Построение диаграммы Исикавы

Следующим шагом в разработке когнитивной карты компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики было построение диаграммы Исикавы (рис. 2), позволяющей наглядно определить наиболее существенные казуальные связи между оцениваемыми предикторами.

Диаграмма Исикавы была использована в дополнение к существующим методикам логического анализа для визуализации взаимосвязанных процессов и выработки грамотных решений по управлению ими. Цветом и размером линий в Диаграмме выделены взаимосвязи аналогичные указанным в матрице нечеткого взаимного влияния компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики. Диаграмма может быть усилена факторами, непосредственно влияющими на анализируемые компетенции, а также факторами второго порядка.

Например, компетенция К1 «Умение находить и использовать информацию из различных источников» должна быть сформирована исходя из следующих требований:

- способности к поиску нужных источников информации;
- способности анализировать, воспринимать, запоминать и передавать информацию с помощью различных средств передачи информации;
- способности обработки массива информации с целью эффективного ее использования и др.

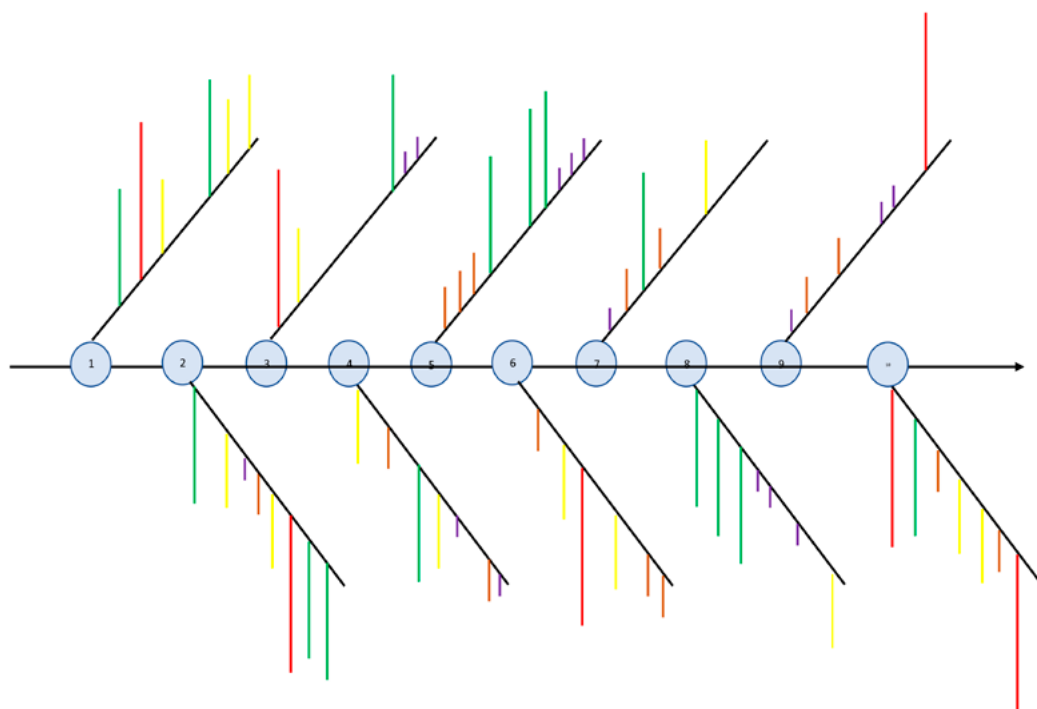


Рис. 2. Диаграмма Исикавы по выявлению казуальных связей между анализируемыми переменными

Таблица 2

Матрица нечеткого взаимного влияния компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики

	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9	К10
Исследуемые переменные/ степень влияния Умение находить и использовать информацию из различных источников	Способность осваивать новые области знаний и умения	Аналитические способности	Умение мыслить нестандартно	Коммуникативные навыки, умение работать в команде	Инициативность	Умение четко излагать мысли	Умение использовать современные программы	Способность правильно распределить время	Умение работать в условиях мультизадачности	
К1		+3,25	+5	+2,25				+3,75	+2,25	+2,75
К2	+3,75		+2,75	+1,25	+0,75	+2,5		+4,5	+3,5	+3,25
К3	+4,75	+2,25						+3	+1,5	+1,75
К4	+2,5		+1		+3,5	+2,5	+2		+1	+2
К5	+1	+0,75	+0,75	+3,75		+3,25	+3,25	+1,75	+2	+2
продолжение табл. 2										

окончание табл. 2									
К6	Инициативность		+1		+2,5	+4,25		+3	+1
К7	Умение четко излагать мысли			+1,4	+1	+3,5	+1	+3	
К8	Умение использовать современные программные продукты	+4	+4	+4	+2	+1,5		+1,5	+3
К9	Способность правильно распределять время	+1,5	+1		+1	+2		+2	+5
К10	Умение работать в условиях мультизадачности	+5	+4	+1	+2,5	+3	+1		+5

(+0,1) – (+1)	Очень слабое положительное влияние	
(+1,1) – (+2)	Слабое положительное влияние	
(+2,1) – (+3)	Умеренное положительное влияние	
(+3,1) – (+4)	Сильное положительное влияние	
(+4,1) – (+5)	Очень сильное положительное влияние	

Источник: разработано автором

Таблица 3

Матрица нечеткого влияния способностей современного сотрудника наукоемких и высокотехнологичных отраслей экономики на компетенции развития человеческого капитала

Способности сотрудника / Компетенции	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Умение находить личную информацию и использовать ее из различных источников	4,023529412	3,905882353	3,211764706	2,605882353	2,552941176	2,582352941	2,823529412	3,511764706	2,547058824	3,094117647
Способность использовать различные источники информации	3,529411765	3,394117647	3,647058824	3,217647059	2,829411765	3,647058824	2,994117647	2,929411765	3,305882353	3,705882353
Способность ставить цели под воздействием жизненных задачи	3,529411765	3,394117647	3,647058824	3,217647059	2,829411765	3,647058824	2,994117647	2,929411765	3,305882353	3,705882353
Способность подбирать способы решения поставленных задач	3,576470588	3,764705882	4,088235294	3,417647059	2,923529412	3,647058824	3,152941176	3,147058824	2,641176471	3,888235294

продолжение табл. 3

C4	Способность генерировать новые идеи для решения задач	3,588235294	4,123529412	3,676470588	4,494117647	2,864705882	3,9	3,335294118	3,147058824	2,870588235	3,382352941	продолжение табл. 3
C5	Способность абстрагироваться от стандартных моделей, выявлять альтернативные варианты действий и новые алгоритмы	4,005882353	3,811764706	3,794117647	4,147058824	2,823529412	3,176470588	2,794117647	2,852941176	2,447058824	3,388235294	продолжение табл. 3
C6	Способность воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию	3,676470588	3,411764706	3,764705882	2,852941176	3,029411765	2,1	3,782352941	3,176470588	2,841176471	2,841176471	продолжение табл. 3
C7	Способность оценивать достоверность информации строить логические умозаключения	3,411764706	2,823529412	3,664705882	2,958823529	2,535294118	1,947058824	3,735294118	2,394117647	2,488235294	3,317647059	продолжение табл. 3

окончание табл. 3

C8	Способность быстро принимать решения и переключаться между несколькими задачами	2,776470588	3,158823529	3,558823529	3,264705882	2,976470588	3,482352941	3,017647059	2,529411765	3,776470588	4,358823529
C9	Способность вести несколько проектов, сохраняя качество работы	3,529411765	3,458823529	3,558823529	3,347058824	3,752941176	3,305882353	3,411764706	3,5	4,605882353	4,576470588
C10	Способность выделять приоритетные задачи и четко соблюдать сроки их исполнения	2,711764706	2,852941176	3,817647059	3,094117647	2,458823529	2,617647059	2,752941176	2,582352941	4,582352941	3,641176471

(+1,1) – (+2)	Слабое положительное влияние	
(+2,1) – (+3)	Умеренное положительное влияние	
(+3,1) – (+4)	Сильное положительное влияние	
(+4,1) – (+5)	Очень сильное положительное влияние	

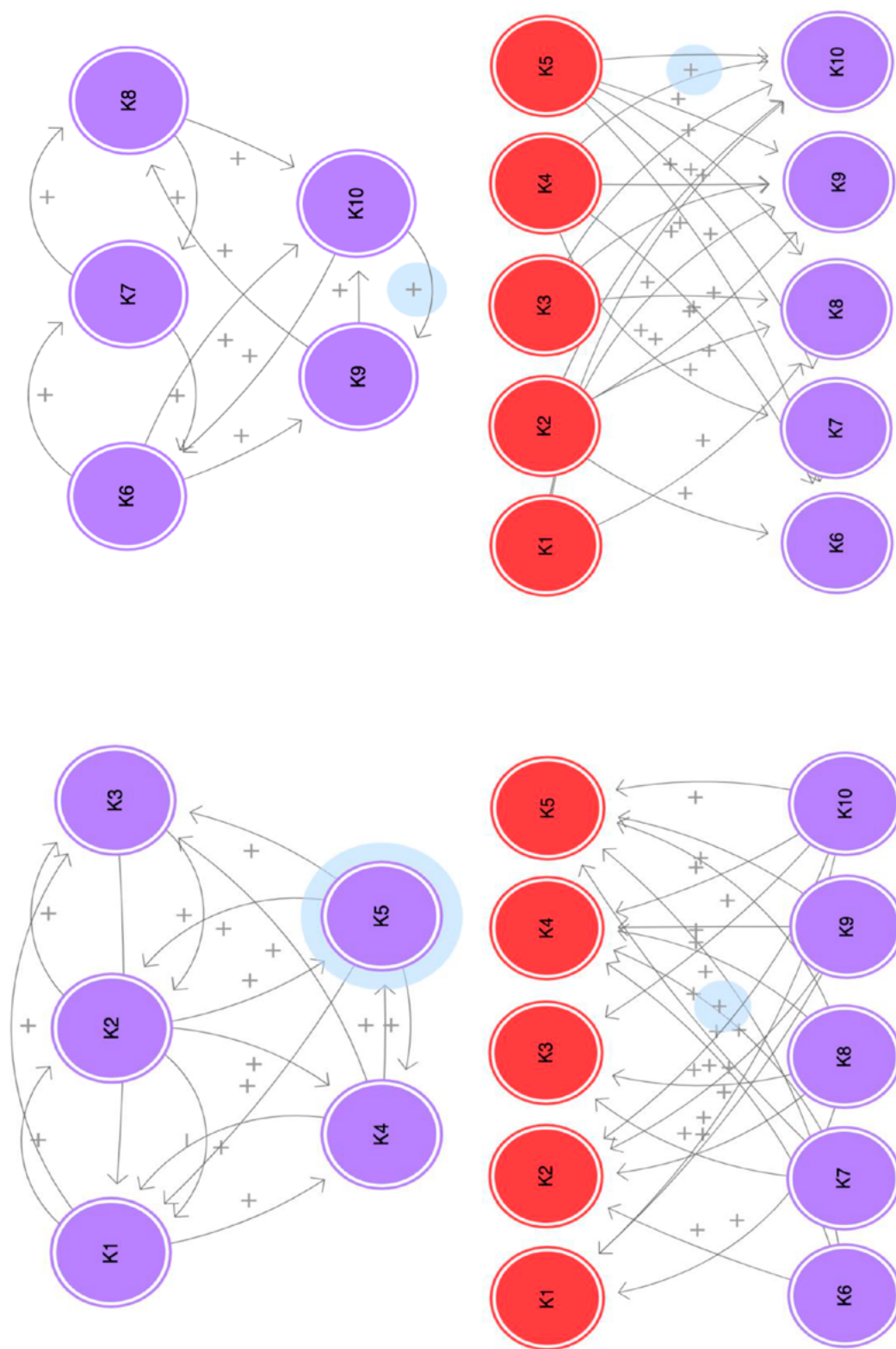


Рис. 3. Детализация когнитивной карты компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики

Следовательно, факторами прямого воздействия на К1 могут быть – способность к поиску нужных источников информации и др., изложенные выше.

Таким образом, благодаря информации, представленной на Диаграмме, можно оценить направление и степень влияния различных переменных (в нашем случае компетенций) друг на друга, влияние на анализируемые переменные факторов первого и второго и следующего порядков в зависимости от поставленной задачи.

Интересным представляется выявление способностей индивида (сотрудника наукоемких и высокотехнологичных отраслей экономики), формирующие различного рода компетенции, и последующее определение степени их воздействия на базовые компетенции человеческого капитала. Матрица неявного влияния способностей современного сотрудника наукоемких и высокотехнологичных отраслей экономики на компетенции развития человеческого капитала представлена в таблице 3.

Разработка когнитивной карты компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики

Представленная в таблице 3 матрица и диаграмма Исикавы, построенные на основе анкетирования экспертов, послужили базой для разработки когнитивной карты развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики, где отражены взаимосвязи между переменными и направление их влияния друг на друга. Детализация когнитивной карты, позволяющая более детально проследить все установленные взаимосвязи, представлена на рис. 4. [7].

Выводы

Когнитивная карта позволяет определить структуру причинно-следственных связей между заданными компетенциями развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики и оценить последствия целена-

правленного воздействия на установленные связи. Так, при принятии мер относительно увеличения набора сотрудников, обладающих способностями осваивать новые области знаний и умения (К2) увеличится доля сотрудников, обладающих навыками использования современных программных продуктов (К10) [7].

В целях принятия управленческих решений по взаимному влиянию компетенций, когнитивную карту необходимо усилить разработкой когнитивной модели, для построения которой следует исследовать устойчивость системы к внутренним и внешним возмущениям, провести сценарное моделирование, предполагающее возможность построения прогнозов, и исследовать чувствительность модели и при необходимости осуществить корректировку элементов [18].

Таким образом, можно с уверенностью говорить о том, что взаимосвязь компетенций развития человеческого капитала сложно представить в виде количественных переменных, поэтому взаимодействие переменных можно проранжировать, используя субъективную информацию о предикторах, получаемую благодаря привлечению экспертов. Экспертные оценки позволяют выявить причинно-следственные связи и закономерности с применением когнитивного метода и одного из его составляющих – когнитивной карты.

В свою очередь, построение когнитивной карты позволяет формализовать представление об исследуемых переменных и визуализировать набор переменных и взаимосвязи между ними. Оптимальным представляется факт предварительного анкетирования экспертов перед построением когнитивной карты, которое позволяет установить наиболее устойчивые взаимосвязи между исследуемыми компетенциями развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики. Определение взаимосвязей между компетенциями должно основываться на оценке их интенсивности, определяемой согласно разработанной шкале оценивания степени взаимного влияния анализируемых переменных.

Библиографический список

1. Аверкин А.Н., Ярушев С.А., Савинова В.М. Применение гибридных когнитивных систем поддержки принятия решений в рамках национального проекта "Цифровая экономика" // Мягкие измерения и вычисления. 2020. № 6 (31). С. 5-12.
2. Борисов В.В., Федулов А.С. «Совместимые» нечеткие когнитивные карты // Системы компьютерной математики и их приложения. 2016. № 17. С. 41-43.
3. Васильев А.М., Черняховская Л.Р., Вульфин А.М. Моделирование процессов управления инновационной деятельностью в регионе в применении нечетких когнитивных карт // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 3. С. 15-25.
4. Гинис Л.А., Гордиенко Л.В. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход. Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. Таганрог, 2016.
5. Евсеев Е.А. Нечеткая когнитивная модель деятельности научно-исследовательского коллектива // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 12. Психология. Социология. Педагогика. 2015. № 2. С. 74-85.
6. Заграновская А.В. Системный анализ на основе нечетких когнитивных карт // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2018. № 4 (100). С. 152-160.
7. Мельничук М.В. Когнитивные карты компетенций развития человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2021. № 8.
8. Федулов А.С., Борисов В.В. Анализ нечетких реляционных когнитивных карт // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 7. С. 7-14.
9. Целых А.Н., Васильев В.С., Целых Л.А., Барковский С.А. Экспертная система на основе эффективных управлений с использованием когнитивных моделей // Известия ЮФУ. Технические науки. 2017. № 3 (188). С. 78-96.
10. Эскиндаров М.А., Грузина Ю.М., Фирсова И.А., Мельничук М.В. Компетенции человеческого капитала в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13. № 6. С. 199-214.
11. Ярушев С.А., Аверкин А.Н., Ефремова Н.А. Гибридные нечеткие когнитивные карты в задачах принятия решений и прогнозирования // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2017. № 4. С. 18-25.
12. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton. University Press. 1976.
13. Axelrod R. The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration. Princeton. NJ: Princeton University Press. 1997.
14. Ginis L.A. The use of fuzzy cognitive maps for the analysis of structure of social and economic system for the purpose of its sustainable development. Mediterranean Journal of social Sciences. 2015. V. 6. № 3. P. 113-118.
15. Evseev E., Kovalev I. Fuzzy cognitive map of research team activity. Lecture Notes in Computer Science. 2014. V. 8891. P. 342-350
16. Sabine Prezenski, André Brechmann, Susann Wolff and Nele Russwinkel. A Cognitive Modeling Approach to Strategy Formation in Dynamic Decision Making. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.01335/full> (дата обращения: 21.07.2021).
17. Tselykh A., Vasilev V., Tselykh L. Assessment of influence productivity in cognitive models. Artificial Intelligence Review. 2020. V. 53. № 7. P. 5383-5409.
18. Бадван Н.Л. Адаптация инструментария когнитивного моделирования сложных систем к проблеме финансового регулирования воспроизводства и накопления капитала. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptatsiya-instrumentariya-kognitivnogo-modelirovaniya-slozhnyh-sistem-k-probleme-finansovogo-regulirovaniya-vosproizvodstva-i-viewer> (дата обращения: 21.07.2021).