

### 1.3. ПОСТРОЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ PESTLE-АНАЛИЗА И НЕЧЕТКИХ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК

Береза Н.В.<sup>1,2,3</sup>, Береза А.Н.<sup>1,2,3</sup>, Береза Д.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ИСОИП (филиал) ДГТУ в г. Шахты

<sup>2</sup> ШАИ (филиал) ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова

<sup>3</sup> РФ РТА, г. Ростов-на-Дону

<sup>4</sup> ФГАОУ ВО «ЮФУ»

*В данной статье приводится алгоритм построения когнитивных карт на основе PESTLE-анализа и нечетких лингвистических оценок. Подробно рассматривается процесс построения когнитивной карты в табличной форме, который включает в себя определение целевого концепта и факторов влияния, построение слабо-связной нечеткой матрицы смежности, преобразование ее в нечеткую транзитивно-замкнутую матрицу (нечеткие лингвистические оценки преобразуются в числовые на основе нормированной нечеткой шкалы), получение матрицы парных взаимовлияний для сильно-связной когнитивной карты, а затем матрицы консонанса.*

#### **Введение**

Построение современных информационных систем часто предполагает использование баз знаний. Процесс построения баз знаний является достаточно сложным и требует привлечения специалистов в сфере инженерии знаний и в определенной предметной области, но даже специалист-эксперт не всегда может формализовать свои знания и представить их в удобном для последующего моделирования виде. Для облегчения процесса создания информационных систем, основанных на знаниях, применяются разнообразные модели представления знаний. Для моделирования социально-экономических или социально-технических систем чаще всего применяются сетевые модели представления знаний (к которым относятся фреймы, онтологии, когнитивные карты и прочие), так как они интуитивно понятны экспертам и в дальнейшем могут быть использованы для построения различных математических моделей, а также при работе с различными программно-инструментальными средствами. В данной работе рассматривается процесс построения сетевой модели на примере когнитивных карт. Процесс построения сетевой модели часто носит эмпирический характер, поэтому разработка алгоритма автоматического построения когнитивной карты предметной области является актуальной.

#### **Построение когнитивной карты с помощью методов PESTLE-анализа**

Когнитивная карта (КК) представляет собой разновидность сетевых моделей представления знаний и предназначена для облегчения визуального отображения предметной области, а также является вспомогательным инструментом при моделировании социальных и технических систем. КК может быть представлена в графической форме (в виде графа) или в табличной форме (в виде матриц смежности, матриц взаимовлияния). КК содержит узлы (концепты или факторы) и ребра или дуги, отражающие причинно-следственные взаимосвязи. Для облегчения процесса построения КК (подбора концептов) требуется предварительный отбор факторов. Для определения значимых факторов предметной области могут использоваться групповые и индивидуальные экспертные методы (мозговой штурм и его модификации, SWOT- и PEST- анализ и другие), а также статистические методы (факторный, кластерный, регрессионный анализ и прочие).

В качестве вспомогательного инструмента для выявления основных аспектов, оказывающих влияние на поведение системы, в данной работе предлагается использовать методологию PESTLE-анализа (это расширенная версия PEST-анализа, которая включает в себя, кроме политических, экономических, социальных и технологических факторов, еще и правовые и экологические факторы). Состав факторов (библиотека) задается перед построением КК и может пополняться в процессе. Очевидно, что невозможно составить некий универсальный набор факторов, при составлении новой модели необходима корректировка.

Алгоритм автоматического построения когнитивной карты включает в себя следующие шаги:

Шаг 1. Определение результирующего (целевого) концепта.

Шаг 2. Заполнение матрицы смежности путем перебора факторов каждой группы.

Шаг 3. Определение знака и силы влияния по каждому фактору.

Шаг 4. Фаззификация нечеткой слабо-связной матрицы смежности.

Шаг 5. Преобразование слабо-связной матрицы смежности в сильно-связную с использованием алгоритма Флойда-Уоршелла (построение транзитивно-замкнутой матрицы).

Шаг 7. Когнитивный анализ полученного графа (определение взаимовлияний факторов, расчет консонанса и импульсный анализ).

Рассмотрим процесс построения нечеткой КК на примере нечеткой модели оценки стоимости объекта недвижимости [Voronica, 2018; Береза, 2019]. Примерный перечень факторов для PESTLE-анализа представлен в таблице 1.

**Таблица 1 Примерный набор факторов для оценки состояния рынка жилой недвижимости и стоимости объектов жилой недвижимости**

<b>Политические факторы</b>	Уровень правовой грамотности населения
	Наличие государственного регулирования в отрасли
<b>Экономические факторы</b>	Уровень цен на нефть
	Уровень инфляции
	Уровень доходов
	Ставки по кредитам
	Класс жилья
<b>Социальные факторы</b>	Изменение уровня жизни
	Темп роста населения
	Культурный уровень населения
<b>Технологические факторы</b>	Качество отделки
	Площадь жилья
	Количество комнат
	Площадь кухни
	Тип жилья
	Этаж
<b>Правовые факторы</b>	Изменение законодательства в сфере недвижимости
	Наличие структур, регулирующих процесс приобретения недвижимости
	Регулирование долевого строительства
<b>Экологические факторы (факторы окружающей среды)</b>	Рейтинг района
	Климатические условия
	Расположение (удаленность от центра, наличие инфраструктуры)

В результате проведенного исследования были выбраны: целевой концепт – цена объектов недвижимости, а также из библиотеки были выбраны факторы влияния на целевой концепт: количество комнат; качество отделки; класс жилья; площадь жилья; площадь кухни; этаж; тип жилья (материал); местоположение объекта; рейтинг района; этажность дома.

#### **Постановка задачи.**

Когнитивная карта представляет собой графическое отображение представления эксперта о предметной области в виде знакового ориентированного графа (т.е. разновидность сетевой модели представления знаний). Узлы или концепты когнитивной карты  $F$  – это система показателей или факторов ситуации, связи между концептами  $W$  – это причинно-следственные отношения. Фактор, представляющий наибольший интерес называется результирующим (ключевым) концептом  $E_R$ .

Каждый концепт может иметь несколько входов и несколько выходов, а удельный вес каждой дуги –  $0 \leq |W| \leq 1$ . Удельный вес принимает положительное значение, если направление знаков входного и выходного концептов совпадают, и отрицательное в противоположном случае. Влияние на результирующий концепт может быть определено как алгебраическое произведение удельных весов по цепочке взаимосвязанных концептов. Так как в случае достаточно большой когнитивной карты длина цепочки может быть значительной, возможно затухание сигнала.

Результирующий концепт, как правило, не имеет выходов и может представлять собой прогнозное значение некоторого показателя или идентификацию значения показателя для отнесения к какому-либо классу.

$E_R$  – результирующий концепт когнитивной карты;

$E=[e_{ij}]$  – факторы (концепты КК),  $i=0, \dots, 6$  (количество групп факторов, где  $i=0$  для  $e_R$ ),  $j=0, 1, \dots, k_i$  (количество факторов в  $i$  группе, где  $j=0$  для  $e_R$ );

$W_{ij}$  – сила влияния  $j$  фактора  $i$  группы ( $0 \leq |w_{ij}| \leq 1$ ).

#### **Построение КК в табличной форме на основе PESTLE-анализа**

1. Определение результирующего (целевого) концепта.

Помещаем целевой концепт  $E_R$  справа и снизу от угловой ячейки (таблица 2). По строкам указываются факторы, оказывающие влияние (факторы-причины), а по столбцам – подверженные влиянию (факторы-следствия). В связи с тем, что в процессе построения таблицы набор по строкам и столбцам совпадает, главная диагональ отражает влияние каждого концепта КК на самого себя и состоит из 0 (чтобы избежать «петель» при построении графа).

Таблица 2. Заполнение КК в табличной форме, 1 этап

	$E_R$	
$E_R$	<b>0</b>	
		<b>0</b>

2. Заполнение матрицы смежности на основе факторов каждой группы. Из перечня факторов выбираем фактор из 1 группы (политические факторы), имеющий непосредственное влияние на результирующий концепт. Добавляем его (концепт  $e_{11}$ ) в ячейки таблицы справа и снизу целевого концепта. В ячейках таблицы на линиях пересечения оцениваемого и целевого концепта указываем силу (может быть указан в числовой форме в интервале от 0 до 1 или в виде лингвистического значения, например, «очень слабое», «слабое» и т.д.) и знак влияния «+» или «-» (таблица 3). Так как предполагается, что результирующий концепт является искомой выходной переменной и не имеет выходов, то значение удельного веса  $w_{10}=0$  (как и все последующие значения в данном столбце, т.е. все  $w_{i0}=0$ ).

Таблица 3 Заполнение КК в табличной форме, 2 этап

	$E_R$	$e_{11}$	
$E_R$	<b>0</b>	$w_{01}$	
$e_{11}$	$w_{10}$	<b>0</b>	
			...

3. Проверяем влияние остальных факторов в 1-ой группе на результирующий концепт  $e_R$ . Найденный фактор влияния  $e_{ij}$  помещаем в таблицу и определяем его влияние на результирующий концепт ( $w_{02} \neq 0$ , если связь есть или  $w_{02}=0$ ) и на концепты от  $e_{11}$  до  $e_{1m-1}$ . В случае наличия обратной связи ( $e_{1i}$  в свою очередь оказывает влияние на факторы от  $e_{11}$  до  $e_{1i-1}$ ), указываем удельный вес  $w_{1i} \neq 0$ , в случае отсутствия такой связи  $w_{1i}=0$  (таблица 4).

Таблица 4 Заполнение КК в табличной форме, 3 этап

	$E_R$	$e_{11}$	$e_{12}$	...
$E_R$	<b>0</b>	$w_{01}$	$w_{02}$	
$e_{11}$	$w_{10}$	<b>0</b>	$w_{12}$	
$e_{12}$	$w_{20}$	$w_{21}$	<b>0</b>	
...				...

4. Если среди факторов 1 группы отсутствуют параметры, непосредственно влияющие на результирующий концепт, переходим ко 2 группе, выявляем факторы влияния  $e_{2j}$  и добавляем в таблицу (в случае отсутствия таковых продолжаем процедуру до получения результата  $e_{ij}$ ).

5. Проверяем все группы факторы по группам на наличие влияния на целевой фактор  $E_R$ . В случае наличия факторов влияния продолжаем заполнение таблицы (см. шаг 3).

6. Если факторов влияния на  $E_R$  больше нет, то формирование матрицы смежности закончено.

В результате получаем слабо-связную нечеткую матрицу смежности, содержащую лингвистические значения влияния концептов друг на друга (таблица 5).

Таблица 5 Матрица смежности КК, построенная с помощью PESTLE-анализа

	$E_R$	$e_{11}$	$e_{12}$	...	$e_{21}$	$e_{22}$	...	$e_{61}$	$e_{62}$	...	$e^{6k6}$
$E_R$	<b>0</b>	$w^1_{01}$	$w^2_{02}$	...	$w^2_{01}$	$w^2_{02}$	...	$w^6_{01}$	$w^6_{02}$	...	$w^6_{0k}$
$e_{11}$	$w^1_{10}$	<b>0</b>	$w^1_{12}$	...	$w^2_{11}$	$w^2_{12}$	...	$w^6_{11}$	$w^6_{12}$	...	$w^6_{0k}$
$e_{12}$	$w^1_{20}$	$w^1_{21}$	<b>0</b>	...	$w^2_{21}$	$w^2_{22}$	...	$w^6_{21}$	$w^6_{22}$	...	$w^6_{0k}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$e_{21}$	$w^2_{10}$	$w^2_{21}$		...	<b>0</b>		...			...	
$e_{22}$	$w^2_{20}$			...		<b>0</b>	...			...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$e_{61}$	$w^6_{60}$			...			...	<b>0</b>		...	
$e_{62}$	$w^6_{60}$			...			...		<b>0</b>	...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$e^{6k6}$	$w^6_{6k}$			...			...			...	<b>0</b>

В результате проведенного анализа для модели оценки стоимости объекта жилой недвижимости получим нечеткую матрицу смежности.

В результате получается достаточно грубая модель, поэтому выполним фазсификацию оценок влияния (таблица 6).

Для преобразования силы влияния концептов друг на друга будем использовать следующие лингвистические термы (очень слабое, слабое, среднее, сильное, очень сильное).

Таблица 6 Нечеткая слабо-связная матрица влияния факторов

Следствие	Факторы влияния									
	Цена	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	+ сильное	+ очень сильное	+ среднее	+ среднее	+ слабое	+ очень слабое	+ слабое	-слабое	+ слабое
1	+ сильное	0	+ слабое	0	+ слабое	0	0	0	0	0
2	+ очень сильное	+ сильное	0	0	+ среднее	+ сильное	+ очень слабое	0	0	0
3	+ среднее	0	0	0	0	+ слабое	0	0	0	0
4	+ среднее	0	0	0	0	+ слабое	0	0	0	0
5	+ слабое	0	+ среднее	+ очень слабое	+ среднее	0	0	0	0	+ слабое
6	+ очень слабое	0	+ слабое	0	+ слабое	+ слабое	0	0	+ слабое	+ очень слабое
7	+ слабое	0	0	0	0	0	0	0	+ среднее	+ очень слабое
8	- слабое	0	0	0	0	+ очень слабое	0	+ очень слабое	0	0
9	+ слабое	0	0	0	0	+ очень слабое	+ слабое	+ сильное	0	0

В связи с тем, что в дальнейшем использование нечетких множеств или нечетких чисел является не совсем удобным, преобразуем нечеткие значения в числовые в интервале от -1 до 1 (знак влияния при этом сохраняется). Для дефаззификации предлагается использовать нормированную лингвистическую шкалу [Кулинич, 2022] (рис.1).

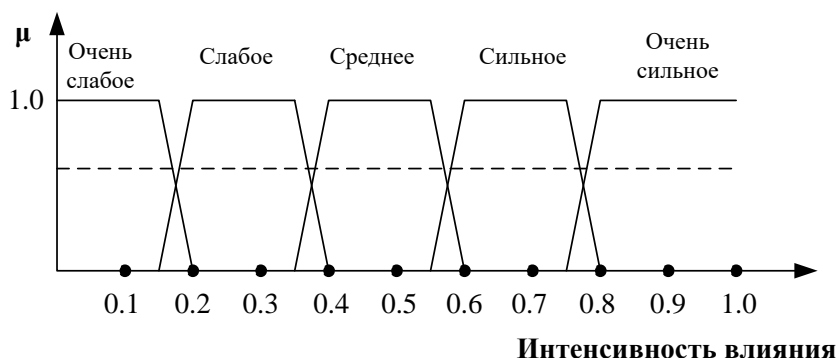


Рис. 1. Нормированная лингвистическая шкала

Для лингвистических термов соблюдается условие разбиение 1, а также ядра нечетких множеств содержат в себе значения, кратные 0,1 и 0,05 (большинство экспертов использует на практике для оценки именно такие значения). В результате получим матрицу, представленную в таблице 7.

Таблица 7 Слабо-связная матрица влияния факторов

Следствие \ Влияние		Цена	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Цена	0	0,6	0,8	0,5	0,4	0,3	0,1	0,3	-0,2
1	Кол-во комнат	0,6	0	0,3	0	0,3	0	0	0	0	0
2	Площадь квартиры	0,8	+0,7	0	0	0,5	0,6	0,1	0	0	0
3	Качество отделки	0,5	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
4	Площадь кухни	0,4	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0
5	Класс жилья	0,3	0	0,4	0,1	0,4	0	0	0	0	0,2
6	Тип дома	0,1	0	0,3	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,1
7	Расположение	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,1
8	Этаж	-0,2	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0	0
9	Рейтинг района	0,2	0	0	0	0	0,1	0,2	0,6	0	0

**Построение нечеткой транзитивно-замкнутой матрицы**

Полученная матрица не является булевой, так как может содержать значения в интервале от -1 до 1, поэтому для выполнения транзитивного замыкания матрицы с использованием алгоритма Флойда-Уоршелла или его модификаций необходимо слегка адаптировать. В частности, замена 0 при выполнении операции дизъюнкции будет производиться не на 1, а на текущее ненулевое значение соответствующей ячейки выбираемого ряда.

$$e_{ij} = \max\{0, |e_{ij}|\} \quad (1)$$

Построение транзитивно-замкнутой матрицы позволяет ликвидировать структурную неопределенность модели и достроить минимально необходимые связи (таблица 8).

**Таблица 8 Транзитивно-замкнутая матрица влияния факторов**

Следствие \ Влияние		Цена	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Цена	0	0,6	0,8	0,5	0,4	0,3	0,1	0,3	-0,2
1	Кол-во комнат	0,6	0	0,3	0	0,3	0,6	0,1	0	0	0
2	Площадь квартиры	0,8	0,7	0	0	0,5	0,6	0,1	0	0,2	0,1
3	Качество отделки	0,5	0	0,4	0	0,4	0,2	0	0	0	0,2
4	Площадь кухни	0,4	0	0,4	0,1	0	0,3	0	0	0	0,2
5	Класс жилья	0,3	0,7	0,4	0,1	0,4	0	0,1	0,6	0	0,2
6	Тип дома	0,1	0,7	0,3	0,1	0,2	0,2	0	0,1	0,2	0,1
7	Расположение	0,3	0	0	0	0	0,1	0,2	0	0,5	0,1
8	Этаж	-0,2	0	0,4	0,1	0,4	0,1	0	0,1	0	0,2
9	Рейтинг района	0,2	0	0,4	0,1	0,4	0,1	0,2	0,6	0,2	0

**Матрица парных взаимовлияний для сильно-связной КК**

По транзитивно-замкнутой матрице вычисляется итоговое взаимное влияние концептов друг на друга (матрица P) [Вокуева, 2012а] по формуле 2:

$$P_{i,j} = \text{sing}(a(i,j) + b(i,j)) * \max(|a_{i,j}|, |b_{i,j}|), \quad (2)$$

где  $a_{ij}$  - положительное влияние фактора  $i$  на  $j$ ;

$b_{ij}$  - отрицательное влияние фактора  $i$  на  $j$ ;

$P_{ij}$  - итоговое влияние фактора  $i$  на  $j$ .

Таким образом, в качестве итогового влияния между факторами принимается максимальное по модулю влияние (таблица 9).

**Таблица 9 Матрица взаимных влияний концептов для сильно-связной КК**

Следствие \ Влияние		Цена	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Цена	0	0,6	0,8	0,5	0,4	0,3	0,1	0,3	-0,2
1	Кол-во комнат	0,6	0	0,3; 0,7	0	0,3; 0	0,6; 0,7	0,1; 0,7	0	0	0
2	Площадь квартиры	0,8	0,7; 0,3	0	0; 0,4	0,5; 0,4	0,6; 0,4	0,1; 0,3	0	0,2; 0,4	0,1; 0,4
3	Качество отделки	0,5	0	0,4; 0	0	0,4; 0,1	0,2; 0,1	0;0,1	0	0;0,1	0,1; 0,1
4	Площадь кухни	0,4	0;0, 3	0,5; 0,4	0,1; 0,1	0	0,3; 0,4	0;0,2	0	0;0,4	0,2; 0,4
5	Класс жилья	0,3	0,7; 0,6	0,4; 0,6	0,1; 0,2	0,4; 0,3	0	0,1; 0,2	0,6; 0,2	0;0,1	0,2; 0,1
6	Тип дома	0,1	0,1; 0,7	0,3; 0,1	0; 0,1	0; 0,2	0,2; 0,1	0	0,1; 0,2	0,2;0	0,1; 0,2
7	Расположение	0,3	0	0	0	0	0,1; 0,6	0,2; 0,1	0	0,5; 0,1	0,1; 0,6
8	Этаж	-0,2	0	0,4; 0,2	0,1; 0	0,4; 0	0,1; 0	0;0,2	0,1; 0,5	0	0,2; 0,2
9	Рейтинг района	0,2	0	0,4; 0,2	0,1; 0,2	0,4; 0,2	0,1; 0,2	0,2; 0,1	0,6; 0,1	0,2; 0,2	0

**Построение матрицы консонанса**

Так как при этом мы пренебрегаем остальными влияниями, то вычисляется уровень доверия (или консонанс) для полученных значений [Вокуева, 2012b] по формуле 3:

$$C_{i,j} = \frac{a_{i,j} + b_{i,j}}{|a_{i,j}| + |b_{i,j}|}, \quad (3)$$

где  $c_{ij}$  - консонанс влияния фактора  $i$  на  $j$ .

В случае наличия положительного и отрицательного влияния какого-либо фактора, уровень доверия принимает значение меньше 1. Для факторов, оказывающих только усиливающее или только ослабляющее влияние, консонанс будет равен 1.

**Таблица 10 Матрица доверия (консонанса)**

Влияние \ Следствие		Влияние									
		Цена	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Цена	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	Кол-во комнат	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
2	Площадь квартиры	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
3	Качество отделки	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
4	Площадь кухни	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
5	Класс жилья	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
6	Тип дома	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
7	Расположение	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1
8	Этаж	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
9	Рейтинг района	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0

Прямая задача анализа когнитивной карты заключается в определении величины результирующего концепта при изменении значений управляемых концептов:

$$V = V_0 + \Delta V_0 \circ P \quad (4)$$

где  $V_0$  — начальное состояние;

$\Delta V_0$  — импульс, поданный на вход когнитивной карты;

$P$  - матрица взаимовлияний;

$V$  — итоговое состояние когнитивной карты;

$\circ$  - логический оператор (логическая сумма или логическое произведение) или их комбинация.

Результатом анализа когнитивной карты является выявление управляемых концептов, оказывающих максимальное влияние на результирующий концепт.

**Выводы**

Очевидно сходство анализа когнитивной карты с принципом работы нейронной сети, однако использование КК в чистом виде не позволяет определять значение результирующего концепта на основе управляемых факторов, для этого требуется задание функциональных зависимостей между всеми факторами, что часто является трудоемкой и нетривиальной задачей. Поэтому КК обычно используются для облегчения визуализации предметной области, составления сценариев состояний моделируемого объекта и ликвидации структурной неопределенности модели. Можно сделать вывод, что построение КК является удобным универсальным вспомогательным механизмом моделирования социально-экономических и социотехнических систем.

**Литература**

1. Береза Н.В., Воронина Е.В., Ярош О.Б., Россинская М.В. Математическая модель прогнозирования уровня цен на региональном рынке жилой недвижимости (статья) // Вестник ВолГУ. Серия 3, Экономика. Экология. 2019. Т. 21. № 1, с. 40-55. URL: [http://elibrary\\_37183990\\_84714944](http://elibrary_37183990_84714944)
2. Вокуева Т.А. Решение задачи имитационного моделирования для когнитивных карт Силова // Информационные технологии в управлении и экономике. 2012. № 1 (01). С. 35-41. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25910837>
3. Вокуева Т.А. Анализ алгоритмов вычисления матрицы взаимовлияния когнитивной карты // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 3. С. 94-99. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17853781>
4. Кулинич А.А. Семиотические когнитивные карты. В сборнике: Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте ИММВ-2022. Сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Коломна, 2022. С. 85-96. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48717825>.

5. E. V. Voronina, O. B. Yarosh, N. I. Zakieva E. V. Voronina et al., "Mathematical Model of Forecasting the Residential Real Estate Market Prices Level", Materials Science Forum, Vol. 931, pp. 1101-1106, 2018 Materials Science Forum (Volume 931) <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.1101>

#### References in Cyrillics

1. Береза Н.В., Воронина Е.В., Ярош О.Б., Россинская М.В. Математическая модель прогнозирования уровня цен на региональном рынке жилой недвижимости (статья) // Вестник ВолГУ. Серия 3, Экономика. Экология. 2019. Т. 21. № 1, с. 40-55. URL: [http://elibrary\\_37183990\\_84714944](http://elibrary_37183990_84714944)
2. Вокуева Т.А. Решение задачи имитационного моделирования для когнитивных карт Силова // Информационные технологии в управлении и экономике. 2012. № 1 (01). С. 35-41. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25910837>
3. Вокуева Т.А. Анализ алгоритмов вычисления матрицы взаимовлияния когнитивной карты // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 3. С. 94-99. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17853781>
4. Кулинич А.А. Семиотические когнитивные карты. В сборнике: Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте ИММВ-2022. Сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Коломна, 2022. С. 85-96. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48717825>.
5. Voronina, O. B. Yarosh, N. I. Zakieva E. V. Voronina et al., "Mathematical Model of Forecasting the Residential Real Estate Market Prices Level", Materials Science Forum, Vol. 931, pp. 1101-1106, 2018 Materials Science Forum (Volume 931) <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.1101>].

#### Ключевые слова

Когнитивная карта, PESTLE-анализ, модель представления знаний, информационная система, социально-экономическая система

*Береза Наталья Викторовна – к.э.н., доцент кафедры «Информатика и информационные таможенные технологии» Ростовского филиала ГКОУ ВО «Российская таможенная академия», г. Ростов-на-Дону, доцент кафедры «Информационные системы и радиотехника» ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, доцент кафедры «Фундаментальные инженерные дисциплины» Шахтинского автодорожного института (филиал) ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» г. Шахты.*  
ORCID: 0000-0002-0820-7669, [nvbereza@bk.ru](mailto:nvbereza@bk.ru)

*Береза Андрей Николаевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Информатика и информационные таможенные технологии» Ростовского филиала ГКОУ ВО «Российская таможенная академия», г. Ростов-на-Дону, доцент кафедры «Информационные системы и радиотехника» ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, доцент кафедры «Фундаментальные инженерные дисциплины» Шахтинского автодорожного института (филиал) ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» г. Шахты,*  
ORCID: 0000-0002-5781-1205, [anbirech@mail.ru](mailto:anbirech@mail.ru)

*Береза Денис Андреевич – студент Института компьютерных технологий и информационной безопасности ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Таганрог,*  
[denisbereza0@gmail.com](mailto:denisbereza0@gmail.com)

**Natalia Bereza, Andrey Bereza, Denis Bereza, Building cognitive maps based on PESTLE analysis and fuzzy linguistic assessments**

#### Keywords

Cognitive map, PESTLE analysis, knowledge representation model, information system, socio-economic system

DOI:10.34706/DE-2022-04-03

JEL classification C02 – Математические методы; M15 Управление информационными технологиями.

#### Abstract

This article provides an algorithm for constructing cognitive maps based on PESTLE analysis and fuzzy linguistic assessments. The process of constructing a cognitive map in tabular form is considered in detail, which includes the definition of the target concept and factors of influence, the construction of a weakly connected fuzzy adjacency matrix, its transformation into a fuzzy transitively closed matrix (fuzzy linguistic estimates are converted into numerical ones based on normalized fuzzy scales), obtaining a matrix of pairwise mutual influences for a strongly connected cognitive map, and then a matrix of consonance.