

Методика оценки инновационной деятельности посредством гибких алгоритмов

doi



Д. Б. Соловьев,

к. т. н., доцент, руководитель образовательной программы «Инноватика», кафедра инноватики, качества, стандартизации и сертификации, Дальневосточный федеральный университет/Владивостокский филиал Российской таможенной академии
solovev.db@dvmfu.ru



С. С. Кузора,

аспирант, кафедра инноватики, качества, стандартизации и сертификации, Дальневосточный федеральный университет
webkuzora@mail.ru

Исследовательская работа посвящена вопросам, связанным с инновационной активностью. Изучаются отечественные и зарубежные подходы к оценке инновационной деятельности. Теоретическая часть исследования знакомит с возникновением теории алгоритмов и некоторыми ее аспектами для дальнейшего использования в практической составляющей работы. На основании проведенного анализа обосновывается применение алгоритмов нечеткого вывода. Практическая часть работы направлена на уточнение возможностей задействованных алгоритмов для оценки инновационной деятельности, где в качестве математического аппарата использовалась нейронная сеть. В процессе исследования оценка была произведена двумя способами. Первый способ учитывал внутренние факторы, второй — внешние. Полученные результаты позволили разработать методику оценки, учитывающую внутренние и внешние факторы, которые влияют на инновационную деятельность, как на уровне отдельной компании, так и на уровне целого государства.

Ключевые слова: алгоритмы, оценка инновационной деятельности, нечеткое моделирование, теория нечетких множеств, нечеткая логика, нейронные сети.

Введение

В связи с переходом многих стран мира на инновационный путь развития, ключевым фактором совершенствования экономики стало технологическое предпринимательство. Под технологичным предпринимательством принято считать процесс коммерциализации результатов научно-технических разработок, где инновации выступают инструментом предпринимательской деятельности. Переход же связан с динамичным развитием экономики, повышением конкурентоспособности товаров и услуг, а также укреплением геополитических позиций стран на мировой арене.

В России, для развития технологического предпринимательства создаются благоприятные условия, прописанные в нормативной документации [1,2] и выраженные в инновационной инфраструктуре, которая представлена особыми экономическими зонами, технопарками, кластерами, научно-технологичными

центрами, институтами и фондами развития. Также, технологическое предпринимательство имеет ряд отличительных характеристик, к которым можно отнести: высокий уровень неопределенности, наличие факторов риска, сложность прогнозирования результатов. Ввиду этого актуальным является оценка инновационной деятельности технологического предпринимательства, результаты которой могут поспособствовать при минимизации неопределенности, реагировании на идентифицированные риски и обеспечении научно-практического подхода к прогнозированию.

В настоящее время существуют примеры оценки инновационной деятельности путем определения инновационного потенциала, инновационной активности исследуемых субъектов [3]. Достаточно распространенным и логичным способом, является присвоение весовых коэффициентов вводным показателям, определяющим уровень воздействия на состояние инновационной деятельности [4]. Другой подход связан с выполнением экспресс-обоснования экономической

эффективности реализации инновационных проектов, используя аналитические показатели [5].

Подвергнув анализу разнообразие варианты, наблюдается произвольный характер подходов к оценке, в основе которой лежит методика применимая под конкретные нужды. Отсюда следует, что любая попытка оценки инновационной деятельности может быть представлена как совокупность действий и правил, иными словами в виде алгоритма.

Теория

Термин «алгоритм», как отмечается в проанализированных источниках [6-12], берет свое начало со времен Евклида (III век до н. э.) и Аль-Хорезми (IX век). Под алгоритмом Евклида понимается процесс нахождения наибольшего общего делителя двух чисел [6]. Наиболее современное определение алгоритма уточнено в первой половине XX века в работах А. Тьюринга, А. Черча, Э. Поста посредством абстрактно вычислительных моделей (машина Тьюринга, лямбда-исчисление Черча, машина Поста). Однако, употребление понятия «алгоритм» в основных трудах [7-9] ученых не прослеживается.

Позднее, А. А. Марков вводит понятие нормально-го алгоритма: «Всякий нормальный алгоритм представляет собой предписание, однозначно определяющее объектами, и в свою очередь однозначно определяющее течение некоторых конструктивных процессов специального типа» [10]. По мнению В. А. Успенского, А. Л. Семенова в работе [11] понятие алгоритма должно рассматриваться как неопределяемое, т. е. носить пояснительный характер. Обратим внимание на определение алгоритма в Большом толковом словаре русского языка, «Алгоритм — порядок действий, правила, используемые в процессе какой-либо деятельности» [12].

На сегодняшний день большое количество сформулированных алгоритмов относятся к программам ЭВМ [13]. Одной из популярных работ в исследуемой области является книга «Алгоритмы: построение и анализ» коллектива авторов Массачусетского технологического университета (MIT) [14]. Согласно второму изданию книги, «Алгоритм — это формально описанная вычислительная процедура, получающая исходные данные (input), называемые также входом алгоритма или его аргументом, и выдающая результат вычислений на выход (output)».

В зависимости от задач различного назначения, уточним виды алгоритмов [15-17]:

- жесткие (детерминированные). Пример: абстрактно вычислительные модели;
 - гибкие (стохастические, эвристические). Пример: модели вероятного достижения результата.
- Между собой делятся:
- на линейные (последовательные);
 - циклические (повторяющиеся);
 - разветвляющиеся.

Из вышеизложенного можно заметить, что принцип, лежащий в основе любого алгоритма, распространяется на многие сферы деятельности. Возвращаясь к инновационной деятельности, которая отличается

своей спецификой, выраженной трудным прогнозированием, наличием рисков, сложностью принятия решений, могут быть применимы алгоритмы нечеткого вывода из ряда гибких. К основным алгоритмам относятся:

- алгоритм Мамдани (Mamdani), один из первых алгоритмов, который нашел применение в теории нечетких множеств и нечеткой логики, был предложен в 1975 г. английским математиком Э. Мамдани [18];
- алгоритм Такаги-Сугено (Takagi-Sugeno) или упрощенно Сугено, появился в 1985 г. благодаря представителям Токийского технологического института Т. Такаги, М. Сугено [19];
- алгоритм Цукамото (Tsukamoto) предложен доктором технических наук Токийского технологического института Я. Цукамото в 1979 г. [20].

Применение алгоритмов нечеткого вывода получило свое распространение по причине появления теории нечетких множеств в 1965 г., автором которой является американский математик Л. Заде [21]. Суть теории заключается в описании качественных, неточных понятий, суждений в области управления и принятия решений с целью получения новой информации. В большинстве случаев, теория охватывает вычислительные процессы технических систем, в меньшей мере экономических и социальных.

В основе реализации алгоритмов нечеткого вывода лежит нечеткая логика, которая способна более естественно описать ход человеческого рассуждения математическим путем, чем формально-логические алгоритмы.

Основными этапами нечеткого вывода являются:

1. Формирование баз правил (нечеткая база знаний).
2. Фаззификация (установка соответствия между функцией принадлежности и входной переменной на прямоугольной системе координат).
3. Процесс активизации (сопоставление лингвистических переменных).
4. Аккумуляция (процедура объединения).
5. Дефаззификация (процесс перехода от нечеткости к числовому значению).

Существуют различные подходы, используемые для объединения входных переменных, формирования баз правил и многочисленных методов дефаззификации. Например, преимущество системы Мамдани выражается в достаточности простых математических операций, которые будут представлены ниже. Нечеткий вывод Сугено предложен с целью системного подхода к формированию нечетких правил из заданного набора переменных «вход-выход», где каждое правило имеет четкий вывод, заданный функцией принадлежности. Алгоритм Цукамото всегда генерирует четкий вывод, даже если вход/выход является нечеткими функциями принадлежности.

Проиллюстрируем математические процедуры для нечеткого вывода основных алгоритмов (Мамдани, Сугено, Цукамото) согласно эвристическим правилам «если-то» [20, 21]. Эти процедуры могут быть реализованы с помощью компьютеризированных программ и ручным способом.

- Система нечеткого вывода Мамдани может быть представлена следующим образом (номер этапа от 1 до 5 соответствует основным этапам нечеткого вывода):

$$(x_1=a_{\text{неч } 1j} \theta_{x2}=a_{\text{неч } 2j} \theta \dots \theta_{xn}=a_{\text{неч } nj} \text{ с весом } w_j) \Rightarrow y=d_{\text{неч } j},$$

$$j= \overline{1, m},$$

где $a_{\text{неч } nj}$ – нечеткий терм входной переменной, который оценивается значением x_n ; θ – логическая операция (и/или); \Rightarrow – знак активизации (то); $d_{\text{неч } j}$ – нечеткий терм выходной переменной, который оценивается значением y ; m – номер правила в базе знаний;

$$b_i = \mu_{an}(x),$$

где b_i – лингвистическая переменная; $\mu_{an}(x)$ – функция принадлежности терма входной переменной;

- $\mu_{an}(x) = \mu_{dn}(y)$, $\rightarrow c_i = \mu_d(y)$, где \rightarrow – знак следствия, c_i – лингвистическая переменная, $\mu_{dn}(y)$ – функция принадлежности терма выходной переменной;
- $\mu_c(y) = \max\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, где $\mu_c(y)$ – результат объединения;
- $y_1 = \frac{\sum d_{\text{неч } j} \mu_d(y)}{\sum \mu_d(y)}$,

или

$$y_2 = \frac{\int_{\min}^y d_{\text{неч } j} \mu_d(y) + \int_y^{\max} d_{\text{неч } j} \mu_d(y)}{2},$$

где y_1 – результат дефаззификации методом центра тяжести; Σ – знак суммы; y_2 – результат дефаззификации методом центра площади; \int – символ интеграла.

- Система нечеткого вывода Сугено может быть представлена следующим образом:
- $(x_1=a_{\text{неч } 1j} \theta_{x2}=a_{\text{неч } 2j} \theta \dots \theta_{xn}=a_{\text{неч } nj}) \Rightarrow y=b_{j1}+b_{j2}+ \dots +b_{jm},$
 $j= \overline{1, m},$

- где b_{jn} – некоторые действительные числа;
- совпадает с предыдущим алгоритмом;
 - $\mu_{an}(x)$ – некоторое действительное число;
 - аккумуляция отсутствует;
 - $y = \frac{\sum b_{nj} \mu_{bn}(y)}{\sum \mu_{bn}(y)}$,

где y – результат дефаззификации методом центра тяжести для одноточечных множеств.

- Система нечеткого вывода Цукамото может быть представлена следующим образом:
- $(x_1=a_{\text{неч } 1j} \theta_{x2}=a_{\text{неч } 2j} \theta \dots \theta_{xn}=a_{\text{неч } nj} \text{ с весом } w_j) \Rightarrow y=d_{\text{неч } jn},$
 $j= \overline{1, m},$

где $d_{\text{неч } jn}$ – нечеткий терм выходной переменной, который оценивается значением y ;

- совпадает с предыдущим алгоритмом;
- $\mu_{dn}(y) = w_n$, где w_n – некоторое действительное число;
- аккумуляция отсутствует;
- $y = \frac{\sum d_{\text{неч } nj} w_n}{\sum w_n}$,

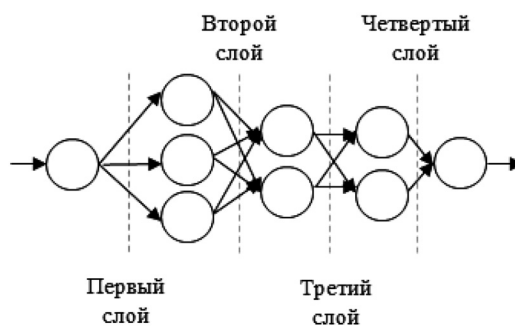


Рис. 1. Структура нейронной сети

где y – результат дефаззификации методом центра тяжести для одноточечных множеств.

Использование одного алгоритма для решения практических задач может быть недостаточно. Ввиду этого, систему нечеткого логического вывода можно представить в виде нейронной сети. Как таковые, нейронные сети представляют собой математический аппарат, который можно применить для построения информационных моделей. Аппарат нейронных сетей признается специалистами одним из наиболее перспективных решений прикладных задач [22, 24-26].

В общем виде структура нейронной сети изображена на рис. 1.

Этапы нечеткого вывода посредством нейронных сетей тождественны этапам рассмотренных алгоритмов. Преимущество нейронных сетей над алгоритмами в гибкости функционирования. Например, первый этап (слой) нейронной сети может быть осуществлен по правилам алгоритма Мамдани, а заключительный по правилам Цукамото.

В информационную эпоху, в связи с глобальным сдвигом компьютеризированной индустрии теория нечетких множеств нашла свое применение в прикладных программах. Вследствие чего, теория приобретает самостоятельное течение научно-прикладных исследований, которое получило особое название – нечеткое моделирование. Нечеткое моделирование особенно полезно при описании технических и экономических систем, в основе которых присутствует неопределенность [25].

Примером прикладной программы нечеткого моделирования является Matlab, которая имеет пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox. В пределах этой программы пользователь выполняет необходимые действия по разработке нечетких математических моделей. При разработке представляется возможным использование двух режимов: интерактивный режим, режим командной строки.

К единственным алгоритмам нечеткого моделирования в среде Fuzzy Logic Toolbox относятся: алгоритм нечеткого вывода Мамдани, алгоритм нечеткого вывода Сугено. Основная разница между двумя алгоритмами в рамках используемой программы состоит в заключении правил. База знаний Сугено, в отличие от базы знаний Мамдани задается линейной функцией. Это означает, что база знаний Сугено является «переключателем» с одного линейного правила «вход-выход» на другой.

В продолжение, нечеткий вывод Сугено имеет дополнительную функцию редактирования ANFIS (adaptive network-based fuzzy inference system). В пределах пакета Fuzzy Logic Toolbox, ANFIS представлена пятиуровневой нейронной сетью с несколькими входами (как правило от двух до пяти) и единственным выходом, где «вход–выход» нечеткие лингвистические переменные. Редактор ANFIS предназначен для создания, проектирования и настраивания нейронных сетей на основе доступной информации, как независимой системы, так и для работы с предварительной системой Сугено [26].

Практика

В рамках практической реализации алгоритмов нечеткого логического вывода предлагается использовать нейронные сети с определенной системой знаний для оценки условий технологического предпринимательства, где конкретные условия влияют на конечный результат инновационной деятельности. Под результатом инновационной деятельности технологического предпринимательства, в широком смысле, понимается [27]:

- а) предприятие малого и среднего бизнеса;
- б) разработанная технология;
- в) производство с технологическими изменениями.

В качестве примера рассмотрим оценку условий для технологичного бизнеса с системой знаний, основанной на следующих категориях: институты и фонды развития, ресурсные площадки, вузы и образовательные площадки. Обозначим их через y_1, y_2, y_3 , где

Таблица 1

Категории условий технологичного бизнеса

Переменная	Наименование категории (подкатегории)	Единица измерения
y_1	Институты и фонды развития	Наличие/отсутствие
y_2	Ресурсные площадки	Наличие/отсутствие
y_3	Вузы и образовательные площадки	Наличие/отсутствие
x_1	Количество соглашений о сотрудничестве с институтами и фондами развития инноваций	Шт.
x_2	Возможности институтов и фондов (выход на зарубежные рынки, обучение управленческих команд и т. д.)	Низкие/средние/высокие
x_3	Условия взаимодействия (процент от прибыли бизнеса)	Млн руб.
x_4	Предоставление производственных площадей и оборудования	Наличие/отсутствие
x_5	Условия взаимодействия (стоимость аренды)	Тыс. руб.
x_6	Количество оказываемых услуг	Шт.
x_7	Организация образовательных мероприятий	Наличие/отсутствие
x_8	Создание благоприятных условий	Наличие/отсутствие
x_9	Количество реализованных стартапов, проектов	Шт.

каждый из указанных категорий имеет подкатегорию x_1, x_2, \dots, x_n , описание которых приведено в табл. 1.

Важно отметить, что единица измерения у входных и вспомогательных переменных разная. Входным переменным может быть присвоен одинаковый оценочный критерий, например как представлено на рис. 4, а вспомогательным переменным разный (табл. 1). Впоследствии предполагается, что при разном оценочном критерии информацию можно свести к единообразию, допустим, критерий для рассматриваемого примера будет выражен в рублях. В данной работе предложено ограничиться указанными единицами измерения.

Для перехода к моделированию упомянутых категорий используем математический аппарат нейронных сетей, схематично представленный на рис. 2.

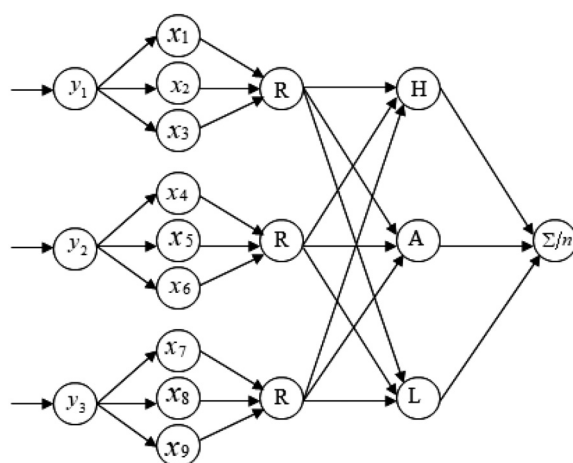
Нейронная сеть функционирует следующим образом:

Слой 1. Фаззификация (установка соответствия между функцией принадлежности и входной переменной на прямоугольной системе координат). В качестве демонстрационного примера задействуем переменную y_1 , которая включает вспомогательные переменные x_1, x_2, x_3 . Для фаззификации y_1 необходимо начать с фаззификации вспомогательных переменных, как это отображено на рис. 3.

Для процесса фаззификации x_1 обратимся к средствам Matlab пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox. На рис. 4 по вертикали системы координат указан уровень соответствия действительности от 0 до 1, где 0 — полное отсутствие соответствия, 1 — полное соответствие. По горизонтали указано количество соглашений от 0 до 10.

Допустим, количество соглашений о сотрудничестве с институтами и фондами развития инноваций равно 8 шт., тогда вспомогательная переменная x_1 соответствует лингвистической переменной «высокое». По аналогии оцениваются x_2, x_3 для завершения фаззификации y_1 .

Слой 2. Формирование баз правил (нечеткая база знаний). Этот этап предназначен для формального (конечного) представления знаний в исследуемой



y_1, y_2, y_3 — входные переменные; x_1, x_2, \dots, x_n — вспомогательные переменные; R — промежуточный результат; H — высокое, A — среднее, L — низкое; Σ/n — оценка условий

Рис. 2. Нейронная сеть оценки условий

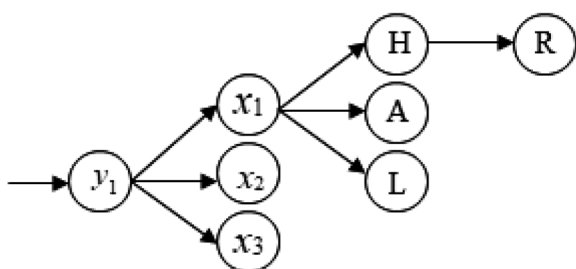


Рис. 3. Структура фаззификации переменной y_1

области, т. е. составление правил нечетких множеств с помощью алгоритмов: Мамдани, Сугено, Цукamoto. Обратим внимание на табл. 2, где составлена нечеткая база знаний для переменной y_2 посредством Мамдани.

По аналогии составляется нечеткая база знаний для переменных y_2, y_3 .

Слой 3. Процесс активизации (сопоставление лингвистических переменных). Активизация представляет собой процедуру нахождения степени истинности входных/выходных лингвистических переменных из составленной нечеткой базы знаний. Допустим, результат активизации имеет вид, отраженный в табл. 3.

Слой 4. Дефаззификация (процесс перехода от нечеткости к числовому значению). Заключительным этапом нечеткого логического вывода с помощью нейронной сети является нахождение числового значения для оценки условий технологичного бизнеса. Допустим, критерий оценки условий принимает числовые значения от 0 до 5 баллов, тогда выходные лингвистические переменные могут иметь следующий вид: «высокое» = 5 баллов, «среднее» = 3, «низкое» = 2.

После дефаззификации лингвистических переменных, значение оценки условий находится по формуле:

$$\frac{\sum x_i}{n},$$

где x_i — значение лингвистической переменной; n — количество переменных.

Таким образом, получим:

$$\frac{\sum x_i}{3} = \frac{5+2+2}{3}.$$

В рассматриваемом случае критерий равен 3 балла. Данный показатель определяет уровень условий, при

Таблица 2

Нечеткая база знаний для переменной «Институты и фонды развития»

x_1	x_2	x_3	y_1
Высокое	Высокое	Высокое	Высокое
Высокое	Высокое	Среднее	Высокое
Высокое	Среднее	Среднее	Среднее
Высокое	Низкое	Среднее	Среднее
Высокое	Низкое	Низкое	Среднее
Среднее	Среднее	Среднее	Среднее
Среднее	Низкое	Среднее	Среднее
Среднее	Низкое	Низкое	Низкое
Низкое	Низкое	Низкое	Низкое
Низкое	Высокое	Высокое	Среднее

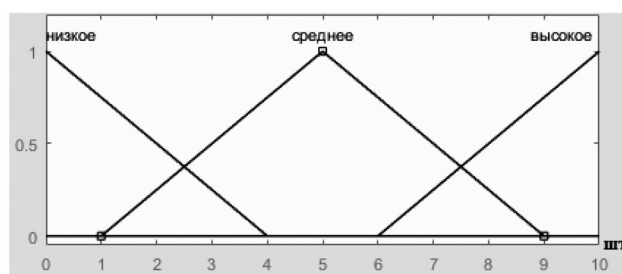


Рис. 4. Система координат для переменной x_1, x_2, x_3

котором осуществляется инновационная деятельность технологического предпринимательства. Чем больше критерий оценки, тем выше уровень условий, который влияет на реализацию технологичного бизнеса.

Ввиду предложенной концепции, в основу которой легли алгоритмы нечеткого вывода, обратим внимание на существующее положение технологичного бизнеса в Дальневосточном федеральном округе России, и сравним, насколько концепция соответствует реалиям.

Дальний Восток России является частью Азиатско-Тихоокеанского региона, объединяющего порядка 60 стран мира. АТР обладает стратегическим значением для большинства национальных экономик [28]. ДФО, учитывая его географическое положение, является ближайшей площадкой взаимодействия России со странами АТР [29]. Как считает Президент России Владимир Путин, «Подъем Дальнего Востока — это наш национальный приоритет на весь XXI век» [30].

На сегодняшний день ДФО обеспечен комфортными условиями для ведения инновационной деятельности технологического предпринимательства в целом, технологичного бизнеса — в частности, к которым можно отнести:

- наличие представителей институтов и фондов развития инноваций;
- возможность использования производственных площадей и оборудования;
- научно-технический и образовательный потенциал населения;
- нормативная правовая база инновационной политики;
- бюджетные затраты на науку и инновации.

Таким образом, состояние инновационного климата Дальнего Востока можно отобразить в виде инфраструктуры, представленной на рис. 5.

Логика разработанной карты в виде рис. 5 заключается в отображении городов максимально вовлеченных в инновационную деятельность. В случае, когда все-

Таблица 3

Нечеткая база знаний для оценки условий

x_1	x_2	x_3	y_1
Высокое	Высокое	Среднее	Высокое
x_4	x_5	x_6	y_2
Среднее	Низкое	Низкое	Низкое
x_7	x_8	x_9	y_3
Низкое	Низкое	Низкое	Низкое

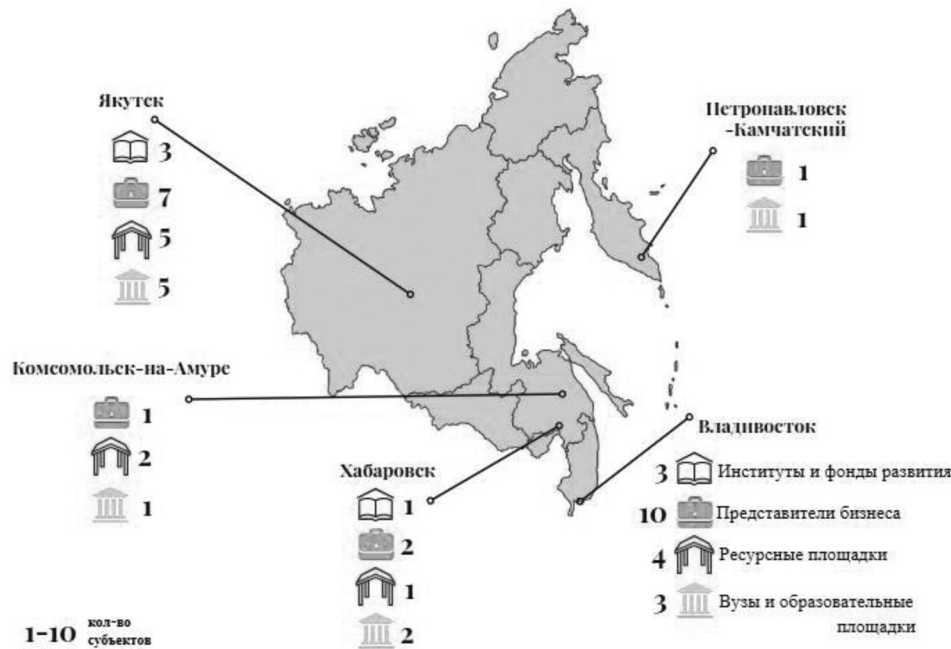


Рис. 5. Инновационная инфраструктура Дальнего Востока

возможные элементы инновационной инфраструктуры сосредоточены вблизи друг друга, есть вероятность того, что результат инновационной деятельности будет выше. Другим значимым мотивом является возможность отследить вклад задействованных элементов при реализации технологического бизнеса.

В виде табл. 4 детализируем информацию рис. 5.

Отметим, что категории вышеуказанных субъектов (институты и фонды развития и т. д.) носят более разносторонний функционал, не всегда сфокусированный на инновационной деятельности. Однако субъекты, приведенные в табл. 4 рассмотрены только в контексте технологического бизнеса. Дадим некоторые пояснения о представителях технологического бизнеса (табл. 5) в той же последовательности, как они представлены в табл. 4.

Основываясь на статистической информации табл. 5 весьма сложно выявить закономерность, которая влияет на финансовые показатели технологического бизнеса. К более объективным внешним факторам влияния можно отнести: уровень инфляции, ключевую ставку, курс рубля, изменение внешних условий, например в виде санкций. Если рассматривать сложившуюся ситуацию на менее глобальном уровне, то здесь необходимо отметить географическое положение и масштаб региона, нестабильность участников бизнеса и прочие субъективные сложно идентифицируемые факторы.

Возвращая внимание на рис. 5 обратимся к числовым значениям субъектов, и построим график зависимости существующего положения технологического бизнеса ДФО, представив его в виде рис. 6.

Построив график, становится очевидно, что наличие всех категорий на определенной территории благоприятно сказывается на реализации технологического бизнеса. Далее предлагается сосредоточить внимание на каждой категории с целью отслеживания их влияния на результативность.

В первую очередь рассмотрим категорию «Ресурсные площадки». Данная категория наиболее точно повторяет кривую «Представители бизнеса». Отсюда может следовать, что ресурсные площадки оказывают наибольшее влияние на условия инновационной деятельности технологического предпринимательства.

Следующая категория «Институты и фонды развития». Особенность данной категории в том, что представители институтов либо фондов развития могут находиться только в одном городе региона, но возможность сотрудничества распространяется на все заинтересованные во взаимодействии города. Примером является Дальневосточное представительство фонда «Сколково». Следовательно, деятельность институтов и фондов развития не привязана к конкретному месту, в отличие от деятельности ресурсных площадок. Что касается сравнения кривых графика, категория «Институты и фонды развития» немного уступает в точности, и эта действительность подтверждает, что данная категория верно располагается на втором месте по степени влияния.

Заключительная категория «Вузы и образовательные площадки» по точности в 2 единицы измерения уступает категории «Институты и фонды развития», и занимает третье место. Подкрепить данную позицию можно тезисом: «Как правило, уровень готовности университетского стартапа/проекта ниже, чем стартап, который относится к субъекту ресурсной площадки».

Учитывая вышеизложенное, сделаем промежуточный вывод: предложенная оценка условий инновационной деятельности технологического предпринимательства, основанная на алгоритмах нечеткого вывода, имеет принципиальное сходство с рассматриваемым положением в ДФО, которое заключается в целостности инфраструктуры, влияющей на реализацию технологического бизнеса. Различие следует видеть в том, что задействованные категории инновационной инфраструктуры оценивались разными способами.

Инновационная инфраструктура Дальнего Востока

Город ДВ	Категория субъектов				
	Институты и фонды развития	Представители бизнеса	Ресурсные площадки	Вузы и образовательные площадки	
Якутск	Венчурная компания «Якутия»	ООО «Зеленая лаборатория»	Технопарк «Якутия»	Кванториум	
	Ассоциация бизнес-ангелов «Nord-Venture»	ООО «Смарт Юнит»	Индустриальный парк «Кангалассы»	Центр развития «Смарт»	
	Ассоциация развития IT-отрасли	ООО «Научно-производственный центр «Хоту-Бакт»»	Арктический инновационный центр СВФУ	Студенческий бизнес-инкубатор «Орех»	IT-школа Алексея Илларионова
		ООО «Режента Сайнтифик»	Технопарк «Нерюнгри»		Малая академия наук Республики Саха (Якутия)
		ООО «Дары Якутии»			Высшая школа инновационного менеджмента при Главе Республики Саха (Якутия)
		ООО «Майтона»			
ООО «Группа Компаний Синет»					
Комсомольск-на-Амуре		ООО «Институт научно-технических инноваций»	Краевой бизнес-инкубатор	Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет	
			Кванториум		
Хабаровск	Дальневосточное агентство содействия инновациям	ООО «Дентосвет»	Точка кипения	Институт экономических исследований ДВО РАН	
		ООО «ДТК-Хабаровск»		Тихоокеанский государственный университет	
Владивосток	Дальневосточное представительство фонда «Сколково»	ООО «Морской биотехнопарк»	Технопарк «Русский»	Дальневосточный федеральный университет	
	Фонд содействия инновациям	ООО «Проект Видеосервис»	Коворкинг дом	Владивостокский государственный университет экономики и сервиса	
	Тихоокеанский центр трансфера технологий	ООО «Компания экотехнологии ИВС»С»»	Инновационный бизнес-инкубатор ВГУЭС	Дальневосточное отделение РАН	
		ООО «Маринео»	Точка кипения		
		ООО «Агар-ДВ»	Точка кипения		
		ООО «Робот»			
		ООО «Ронда Софтваре»			
		ООО «Ост-Оптик Ск»			
ООО «Реебиком»					
ООО «Центр робототехники»					
Петропавловск-Камчатский		ООО «Геоатмос»		Камчатский государственный технический университет	

Первая оценка основывалась на теории нечетких множеств, где каждая из категорий была детализирована, после чего полученные данные использовались для моделирования конечного результата. К неточности оценки можно отнести то, что при моделировании основные категории имеют равный вес, и как показал второй способ оценки, эта данность не соответствует действительности. Как следствие возникает целесообразность в синтезе способов оценки с целью приближения к максимально точному результату.

Напомним результат первого способа оценки:

$$\frac{\sum x_i}{3} = \frac{5+2+2}{3},$$

где в числителе значение 5 – категория «Институты и фонды развития», 2 – «Ресурсные площадки», 2 –

«Вузы и образовательные площадки», в знаменателе значение 3 – количество переменных.

Преобразуем исходную формулу:

$$\frac{\sum x_i}{n} \rightarrow \frac{\sum_{i=j}^n x_i}{n},$$

где \rightarrow – знак преобразования, j – весовой коэффициент.

При вводе коэффициента j нейронная сеть оценки условий имеет вид, изображенный на рис. 7.

Весовой коэффициент j присваивается каждой категории влияющей на условия технологического предпринимательства. После распределения категорий, определим какие числовые значения примет каждая категория. Допустим, первой категории «Ресурсные

Общие сведения организаций [31]

Представители бизнеса	Основной вид деятельности	Класс технологий	Чистая прибыль (убыток)		
			2017 г.	2016 г.	2015 г.
			Ед. изм., тыс. руб.		
ООО «Зеленая лаборатория»	Выращивание зерновых (кроме риса), зернобобовых культур и семян масличных культур	Биомед	-213	0	0
ООО «Смарт Юнит»	Деятельность, связанная с использованием вычислительной техники и информационных технологий	ИТ	-209	2300	1725
ООО «Научно-производственный центр «Хоту-Бакт»»	Производство лекарственных препаратов и материалов, применяемых в медицинских целях	Биомед	189	970	470
ООО «Реджента Сайнтифик»	Технические испытания, исследования, анализ и сертификация	Биомед	1	-	-
ООО «Дары Якутии»	Выращивание сельскохозяйственных культур	Биомед	-427	-44	-470
ООО «Майтона»	Деятельность, связанная с использованием вычислительной техники и информационных технологий	ИТ	181331	348348	239113
ООО «Группа Компаний Синет»	Разработка компьютерного программного обеспечения	ИТ	491	1307	3997
ООО «Геоатмос»	Разработка проектов промышленных процессов и производств, относящихся к электротехнике, электронной технике, горному делу, химической технологии, машиностроению, а также в области промышленного строительства, системотехники и техники безопасности	Энерго	0	0	0
ООО «Дентосвет»	Производство облучающего и электротерапевтического оборудования, применяемого в медицинских целях	Биомед	-59	-	-
ООО «Морской биотехнопарк»	Выращивание однолетних и многолетних культур	Биомед	0	0	0
ООО «Проект Видео-сервис»	Разработка компьютерного программного обеспечения	ИТ	148	-1333	-640
ООО «Компания эко-технологии ИВС»С»»	Добыча руд и песков драгоценных металлов и руд редких металлов	Биомед	-	-	46
ООО «Маринео»	Производство бытовой электроники	Космос	0	-	-
ООО «Агар-ДВ»	Деятельность по обработке морских водорослей, в том числе морской капусты	Биомед	0	-	-
ООО «Робот»	Разработка компьютерного программного обеспечения	ИТ	-36	-14	-6
ООО «Ронда Софтваре»	Разработка компьютерного программного обеспечения	ИТ	40	4	-
ООО «Ост-Оптик Ск»	Разработка компьютерного программного обеспечения	ИТ	-11	-39	-2
ООО «Реебиком»	Технические испытания, исследования, анализ и сертификация	Энерго	0	-	-
ООО «Центр робототехники»	Разработка компьютерного программного обеспечения	ИТ	1578	-415	-
ООО «Институт научно-технических инноваций»	Технические испытания, исследования, анализ и сертификация	Энерго	0	0	0

площадки» присваивается коэффициент 0,9, второй «Институты и фонды развития» – 0,6, третьей «Вузы и образовательные площадки» – 0,3.

Таким образом, синтезированная оценка имеет вид:

$$\frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{3} = \frac{5,0,6+2,0,9+2,0,3}{3} = \frac{3+1,8+0,6}{3} = 1,8.$$

Как и в первом примере оценки, полученный показатель определяет уровень созданных условий технологического бизнеса с уточняющей разницей, которая позволяет дать более объективную оценку. Назовем результат полученного синтеза методикой оценки условий технологического предпринимательства. Данную методику применим к каждому представленному на рис. 5 городу Дальнего Востока.

Якутск. Формула

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

принимает следующие допустимые значения:

$$\frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{3} = \frac{4,0,6+5,0,9+4,0,3}{3} = \frac{2,4+4,5+1,2}{3} = 2,7.$$

Комсомольск-на-Амуре. По аналогии с предыдущим:

$$\frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{3} = \frac{0+4,0,9+3,0,3}{3} = \frac{3,6+0,9}{3} = 1,5.$$

Хабаровск. По аналогии с предыдущим:

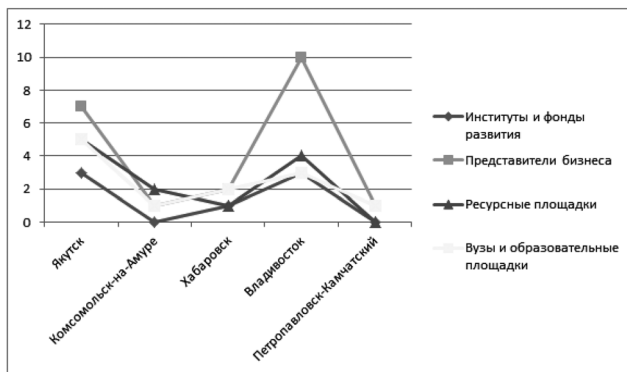


Рис. 6. Влияние категорий на результативность технологического бизнеса

$$\frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{3} = \frac{3,0,6+4,0,9+4,0,3}{3} = \frac{1,8+3,6+1,2}{3} = 2,2.$$

Владивосток. По аналогии с предыдущим:

$$\frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{3} = \frac{5,0,6+4,0,9+5,0,3}{3} = \frac{3+3,6+1,5}{3} = 2,7.$$

Петропавловск-Камчатский. По аналогии с предыдущим:

$$\frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{3} = \frac{0+0+4}{3} = \frac{1,2}{3} = 0,4.$$

Обращая внимание на полученные данные, город Якутск и Владивосток имеют наилучшие равные условия для реализации технологического бизнеса. С наиболее низким уровнем условий является Петропавловск-Камчатский. Результаты оценок могут использоваться при совершенствовании условий, в том числе при принятии различных решений о рациональном распределении как денежных, так и иных ресурсов рассматриваемых в контексте инновационной деятельности технологического предпринимательства Дальнего Востока России.

В заключение практической части исследования сфокусируемся на предложенной методике не только с точки зрения оценки условий технологического предпринимательства, но и возможного практического применения для инновационной деятельности в целом. Важно отметить, что вводный показатель в виде коэффициента j способен принимать значения внешних факторов, которые, как уже упоминалось, могут быть выражены через уровень инфляции, ключевую ставку, курс рубля, прочие изменения внешних условий.

Например, в мировом масштабе оценка инновационной активности осуществляется путем индексации. По версии авторитетных рейтингов Global Innovation Index [32] и Bloomberg Innovation Index [33] с некоторой разницей в показателях, основными являются: образование, человеческий капитал, инновационная инфраструктура, интеллектуальная собственность, высокотехнологичные компании. Несмотря на существенное влияние перечисленных показателей внутренних факторов, по мнению экспертов Bloomberg [34], также могут оказывать воздействие санкции и

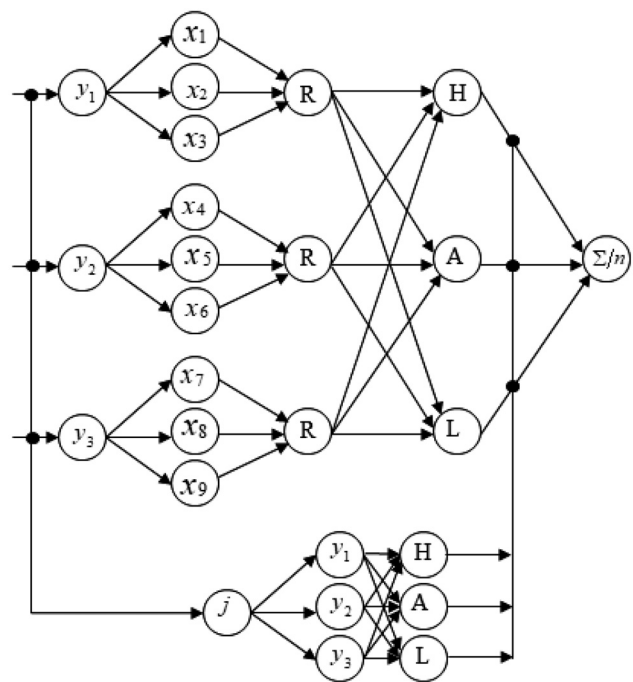


Рис. 7. Преобразованная нейронная сеть

низкие цены на энергоресурсы. По этой причине в 2017 г. Россия опустилась на 14 мест в Bloomberg Innovation Index, занимая в 2016 г. 12-е место [35]. Данный пример показывает, насколько важно учитывать внешние факторы, влияющие на инновационную активность страны.

Заключение

Как было отмечено в начале статьи, существуют некоторые сложности оценки инновационной деятельности, в независимости от области протекания соответствующих процессов. Выявлено, что в основе используемых оценок отечественных и зарубежных исследователей применимы методики, которые носят несколько субъективный характер. Ввиду чего предложено представить информацию, относящуюся к оценке инновационной деятельности, в виде алгоритма.

Обратившись к исторически сложившейся теории алгоритмов, целесообразным в рамках инновационной деятельности является применение гибких алгоритмов нечеткого вывода. Такое решение основано на следующих особенностях упомянутых алгоритмов:

- принятие решений в условиях неопределенности;
- гибкость функционирования;
- возможность использования прикладных программ;
- применение для широкого круга практических задач.

Практическая часть исследования посвящена реализации алгоритмов нечеткого вывода с использованием нейронной сети для оценки условий инновационной деятельности технологического предпринимательства. После полученных результатов оценки условий, и проанализированного положения технологического бизнеса Дальнего Востока обнаружено принципиальное

сходство, которое подчеркивает важность сохранения целостности инновационной инфраструктуры, оказывающей влияние на результативность.

В заключение необходимо напомнить, что на основании двух рассмотренных способов оценки представилось возможным получить методiku, применение которой позволило оценить уровень условий городов в контексте технологичного бизнеса Дальневосточного федерального округа России.

Исходя из примеров, которые рассматривались в исследовательской работе, разработанная методика, основанная на алгоритмах нечеткого вывода, может быть использована для оценки инновационной активности на уровне государства, региона или отдельной компании. Результаты исследования будут развиваться в соответствии со следующим направлением, которым является научно-практическое прогнозирование.

Список использованных источников

1. Постановление от 18 апреля 2016 г. № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы».
2. Федеральный закон от 23 ноября 2007 г. № 270-ФЗ «О государственной корпорации «Ростехнологии».
3. Ю. П. Анисимов, И. В. Пешкова, Е. В. Солнцева. Методика оценки инновационной деятельности предприятия//Иновации, № 11, 2006.
4. О. В. Машевская. Методика оценки инновационной деятельности промышленного предприятия//Вестник Самарского государственного университета. 2015. № 8 (130). С. 97-105.
5. В. В. Савалей. Экономическая экспертиза инновационных проектов: учеб. пособие. Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2017.
6. А. Н. Колмогоров. Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987. 304 с.
7. D. Knuth. The Art of Computer Programming : fundamental algorithms. 3rd ed. 2006. 650 p.
8. A. Turing. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem//Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society. Vol. 42. 1937. P. 230-265.
9. A. Church. An Unsolvible Problem of Elementary Number Theory//American Journal of Mathematics. Vol. 58, No. 2, 1936. P. 345-363.
10. А. А. Марков, Н. М. Нагорный. Теория алгоритмов. М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. 432 с.
11. В. А. Успенский, А. Л. Семенов. Теория алгоритмов: основные открытия и приложения. М.: Наука, 1987. 288 с.
12. Большой толковый словарь русского языка/Коллектив авторов под руководством С. А. Кузнецова. СПб., 1998. 1534 с.
13. Т. Кормен. Алгоритмы: вводный курс/Пер. с англ. М.: «Вильямс», 2014. 208 с.
14. А. Ахо, Дж. Хопкрофт, Дж. Ульман. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. М.: Мир, 1979. 536 с.
15. С. Б. Мухамметаманова. Понятие «алгоритм», свойства и виды алгоритмов. Особенности алгоритмического мышления//Наука и инновации в современных условиях: сб. статей Международной научно-практической конференции. В 5 ч. Ч. 3. Уфа: МЦИИ Омега сайнс, 2016. 242 с.
16. А. В. Могилев, Н. И. Пак, Е. К. Хеннер. Информатика/Под ред. Е. К. Хеннера. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 848 с.
17. М. Н. Власенко, С. В. Потехецкий, Н. В. Унижаев. Системный подход к управлению сложными процессами. Воронеж: Воронежский экономико-правовой институт, 2016. С. 75-80.
18. E. Mamdani, S. Assilian. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller//Int. J. Man Mach. Stud., 7, 1975, 1-13.
19. T. Takagi, M. Sugeno. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control//IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Vol. 15. 1985. P. 116-132.
20. Y. Tsukamoto. An approach to fuzzy reasoning method, in Advances in Fuzzy Set Theory and Applications/eds M. Gupta, R. Ragade, and R. Yager, Elsevier, Amsterdam, 1979. P. 137-149.

21. L. Zadeh. Fuzzy sets//Information and Control, № 8. 1965. P. 338-353.
22. А. В. Леоненков. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
23. Д. Б. Соловьев, С. С. Кузора, А. Е. Меркушева. Использование алгоритмов нечеткого вывода для предварительной оценки участников при кластерном подходе//Иновации, № 5, 2018.
24. Е. А. Трофимова, Вл. Д. Мазуров, Д. В. Гилев. Нейронные сети в прикладной экономике. М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 96 с.
25. С. Д. Штовба. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. М.: Горячая линия — Теле-ком, 2007.
26. J.-S. R. Jang. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System//IEEE Trans. Systems&Cubernetics. 1993. Vol. 23. P. 655-658.
27. М. В. Хайруллина. Технологическое предпринимательство: сдерживающие факторы и условия развития//Российское предпринимательство. 2016. Т. 17. № 16. С. 1831-1848.
28. А. Н. Федоровский. Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений им. Е. М. Примакова Российской академии наук. К итогам региональных форумов в АТР. 2018. https://www.imemo.ru/index.php?page_id=502&id=4575&ret=640.
29. Д. Б. Соловьев, П. И. Захарына Перспективы инновационного развития Дальнего Востока: территории опережающего развития//Иновации. 2017. № 2. С. 74-80.
30. Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока. <https://minvt.ru>.
31. Каталог организаций России. <https://www.list-org.com>.
32. Global Innovation Index. https://www.wipo.int/pressroom/ru/articles/2017/article_0006.html.
33. Bloomberg Innovation Index. <https://www.bloomberg.com/graphics/2015-innovative-countries>.
34. M. Jamrisko, W. Lu. These Are the World's Most Innovative Economies. 2016. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-01-19/these-are-the-world-s-most-innovative-economies>.
35. С. Мануков. Медиахолдинг «Эксперт». 2018. <http://expert.ru/2018/01/23/podnyalis-na-odnu-stupenku>.

Methods for evaluating innovation by means of flexible algorithms

D. B. Solovev, PhD, associate professor, head of an educational program «Innovatics», chair of innovation, quality, standardization and certification Far eastern federal university/Vladivostok branch of Russian customs academy.

S. S. Kuzora, postgraduate student, chair of innovation, quality, standardization and certification, Far eastern federal university.

Research work is devoted to issues related to innovative activity. Studied domestic and foreign approaches to the assessment of innovation. The theoretical part of the study introduces the emergence of the theory of algorithms and some of its aspects for further use in the practical part of the work. Based on the analysis, the use of fuzzy inference algorithms is justified. The practical part of the work is aimed at clarifying the capabilities of the involved algorithms for evaluating innovation, where the neural network was used as a mathematical instrument. In the course of the study, the assessment was performed in two ways. The first method took into account internal factors, the second — external. The results obtained allowed us to develop an assessment methodology that takes into account internal and external factors that affect innovation, both at the level of an individual company and at the level of the whole state.

Keywords: algorithms, evaluation of innovation, fuzzy modeling, fuzzy set theory, fuzzy logic, neural networks.