

Имитационное моделирование как метод исследования элементов инновационной деятельности

Simulation as a method of research of elements of innovative activity

doi 10.26310/2071-3010.2020.261.7.010



Д. Б. Соловьев,
к. т. н., доцент, руководитель образовательной программы «Инноватика»/профессор, Владивостокский филиал Российской таможенной академии
✉ solov'ev.db@dvmfu.ru

D. B. Solov'ev,
PhD, associate professor, head of an educational program «Innovatics»/professor, Vladivostok branch of Russian customs academy



С. С. Кузора,
аспирант
✉ webkuzora@mail.ru

S. S. Kuzora,
graduate student

Кафедра инноватики, качества, стандартизации и сертификации; Дальневосточный федеральный университет
Chair of innovation, quality, standardization and certification; Far Eastern federal university

На протяжении последних лет исследованию инновационной деятельности уделяется особое внимание. Инновационный путь развития предполагает не только разработку новых технологий и выпуск высокотехнологичной продукции, но также и выстраивание эффективных механизмов взаимодействия участников, определение приоритетов и инструментов инновационной политики, оценку эффективности и результативности инновационной деятельности. Ввиду актуальности, исследовательская работа направлена на расширение возможностей имитационного моделирования инновационной деятельности средствами интерактивной системы MATLAB. Результатом практической части исследования выступает методика оценки элемента инновационной деятельности, способная учитывать потенциальные факторы влияния, которые воздействуют на инновационное развитие изучаемого субъекта.

Over the past years, special attention has been paid to the study of innovation. The innovative development path involves not only the development of new technologies and the release of high-tech products, but also the development of effective mechanisms for interaction among participants, the identification of priorities and tools for innovation policy, and the evaluation of the effectiveness and efficiency of innovation. Due to its relevance, the research work is aimed at expanding the capabilities of simulation modeling of innovative activities using the MATLAB interactive system. The result of the practical part of the study is the methodology for assessing the element of innovative activity, capable of taking into account potential influence factors that affect the effectiveness of the studied subject.

Ключевые слова: моделирование инновационной деятельности, оценка инновационной деятельности, MATLAB, нечеткие множества, нечеткая логика.

Keywords: modeling of innovation, evaluation of innovation, MATLAB, fuzzy sets, fuzzy logic.

Введение

О возможностях математического моделирования, как способе научного познания, дискуссия продолжается на протяжении многих лет. Сохранение актуальности связано с применением моделирования в различных сферах профессиональной деятельности человека. Наиболее часто математические модели встречаются в естественных науках, представляя формализованное описание объекта, процесса, явления или системы. Однако существует множество примеров математического моделирования в социогуманитарных науках. В процессе моделирования основное различие между двумя научными направлениями прослеживается в формализации данных. Известно, что при решении большинства социогуманитарных задач, путем использования математического аппарата, возникают сложности связанные с недостатком, а также неопределенностью выборки данных, описанием качественных процессов, получением эмпирических результатов.

Математическое моделирование относительно социогуманитарных наук в наибольшей степени широко применимо в экономических науках. Под экономико-математическим моделированием понимается процесс математического описания экономического объекта или процесса с целью построения и исследования теоретико-прикладных моделей [1-3]. Предметом

экономико-математического моделирования является комплекс математических методов и пул таких предметных областей, как экономика, математическая статистика, теория управления, теория игр и системный анализ [4].

Обратим внимание на свойства, которыми должны обладать экономико-математические модели. К наиболее важным свойствам относятся [15-17]: адекватность (соответствие между объектом и моделью), оптимальность (приемлемое количество используемых данных), результативность (получение новых знаний). Немаловажным при экономико-математическом моделировании является определение границ применения математического инструментария ввиду того, что лишь в немногих случаях удается получить математические зависимости в социально-экономических системах.

Рассмотрим экономико-математическое моделирование с точки зрения теории управления — области знаний о принципах и методах управления объектами, процессами и системами [5, 6]. В научной литературе существует большое количество определений «управления». Приведем одно из множества: управление — воздействие на управляемую систему с целью обеспечения требуемого ее поведения [7]. Такое определение дано в соответствии с последующим изложением материала, связанного с социально-экономическими

системами. Нельзя не упомянуть про определение «управления» в контексте технических систем. По мнению В. А. Лукаса, теория управления техническими системами — научная дисциплина, предметом изучения которой является информационные процессы, протекающие в системах управления техническими и технологическими объектами [8].

К распространенным методам управления относятся [9-12]:

- линейное и нелинейное управление (линейное — система управления, описываемая дифференциальными и разностными уравнениями, а также структурными схемами с одним нелинейным элементом; нелинейное — система управления, описываемая дифференциальными уравнениями, переходными функциями, интегральными и спектральными преобразованиями);
- адаптивное управление (система управления, которая обладает способностью «приспосабливаться» к изменению параметров объекта и условий его функционирования);
- интеллектуальное управление (совокупность методов управления, основанных на информационно-программном комплексе, в состав которого могут входить искусственные нейронные сети, нечеткие множества, нечеткая логика, машинное обучение).

Представленные методы условно можно разделить на две категории, одну из которых отнесем к социально-экономическим системам (интеллектуальное управление), другую к техническим (линейное и нелинейное управление, адаптивное управление). Такое разделение предложено в рамках данного исследования, однако, в научной литературе встречаются примеры, где упомянутые методы управления используются вопреки разделению [13-15].

Относительно экономико-математического моделирования, остановимся на методе интеллектуального управления, основанного на теории нечетких множеств и нечеткой логики. Сегодня данная теория рассматривается как стандартный метод моделирования и проектирования в области управления и принятия решений [16-18].

В связи с компьютеризацией появились современные методы моделирования, в том числе включающие теорию нечетких множеств и нечеткую логику, где используются специальные языки программирования и/или подготовленные автоматизированные шаблоны для создания моделей. Важным этапом развития методов моделирования стало направление по разработке специальных прикладных программ, к которым можно отнести: MATLAB, Scilab, Orange, GPSS и др. Возможности применения таких программ позволяют ускорить процесс переработки, передачи и хранения информации, связанной с различными сферами моделирования. Также к преимуществам следует отнести гибкость построения, визуализацию данных, вариативность предлагаемых средств моделирования [21].

Наиболее развитой прикладной программой является интерактивная компьютерная система MATLAB, которая предназначена для математических вычислений, программирования и моделирования

в контексте решения инженерных и научных задач [22]. Как отмечает В. П. Дьяконов, моделирование средствами MATLAB находит широкое применение в радиотехнике и электронике, в технике обработки сигналов и коммуникаций, позволяя понять физическую и математическую сущность моделируемых явлений [17]. Несмотря на популярность моделирования технических систем, прикладная программа имеет многочисленный набор инструментов, что позволяет расширить ее функциональность. Ввиду этого рассмотрим пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox и интерактивный инструмент Simulink с точки зрения экономико-математического моделирования социально-экономических систем.

В качестве примера работы среды MATLAB, с упомянутыми инструментами, воспользуемся результатами предыдущих исследований авторов данной статьи [21-27]. Тематика научных работ была посвящена оценке инновационной деятельности определенных субъектов, основанная на теории нечетких множеств и нечеткой логики, с использованием прикладной программы MATLAB. Перед тем как обратиться к основным положениям предыдущих исследований, уточним что понимается под оценкой инновационной деятельности различного рода субъектов. На основе проведенного анализа, оценка инновационной деятельности представляет процедуру измерения соответствующих характеристик изучаемого субъекта, результаты которой могут быть использованы с целью определения инновационного развития, эффективности и результативности, а также применимы в качестве индивидуальных потребностей.

Теория. Моделирование в среде Fuzzy Logic Toolbox

К результатам одного из исследований авторов [21, 24] относится построенная математическая модель оценки бизнес-инкубатора, одного из участников инновационной инфраструктуры, где для моделирования были определены следующие переменные: количество реализованных стартапов, время реализации проектов, количество оказываемых услуг, существующие возможности (оборудование и т. п.). В процессе построения модели оценки, пакетом Fuzzy Logic Toolbox

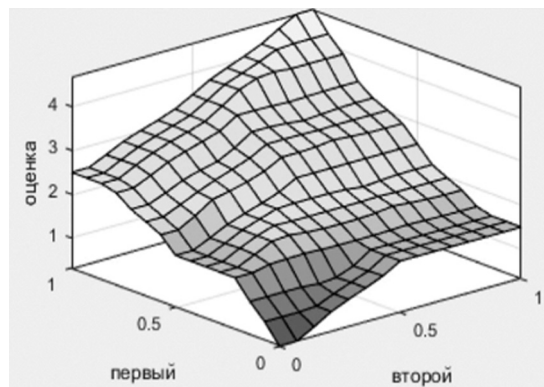


Рис. 1. Модель оценки участника инновационной инфраструктуры средствами Fuzzy Logic Toolbox [24]

Примечание: первый этап оценки (входные переменные: стартапы, время); второй этап оценки (входные переменные: услуги, возможности)

было предложено два алгоритма нечеткого логического вывода: Мамдани (Mamdani) и Сугено (Sugeno). В рассматриваемом случае был задействован нечеткий вывод Мамдани. После внесения переменных в рабочее пространство системы, была сформирована база знаний для завершения моделирования. Результат представлен на рис. 1.

К основным ограничениям рассматриваемых алгоритмов, в рамках пакета расширения, можно отнести: трудность заключения правил нечетких высказываний, частичная визуализация результатов моделирования, отсутствие интеграции новых (непредусмотренных пакетом) данных.

Несмотря на адекватность построенной модели, отмеченные ограничения препятствуют процессу оценивания. Ввиду этого воспользуемся пакетом визуального моделирования Simulink. Отметим, что Simulink может быть рассмотрен как комплекс инструментов, включающий в себя математические вычисления, графические шаблоны, блочное моделирование, интерактивное пользование в среде MATLAB, с помощью которого достигается синергетический эффект от процедуры моделирования.

Моделирование в среде Simulink

Благодаря интерактивности MATLAB импортируем данные, которые были использованы для построения модели оценки участника инновационной инфраструктуры (бизнес-инкубатора), из Fuzzy Logic Toolbox в рабочее пространство (workspace). После чего запускаем Simulink, создаем блок Fuzzy Logic Controller и загружаем данные из рабочего пространства в созданный блок. Результат последовательных шагов отображен на рис. 2.

Как было отмечено ранее, Fuzzy Logic Toolbox в процессе моделирования имеет ряд ограничений. Особенностью построенной модели при помощи Simulink является возможность преодолеть эти ограничения, а именно: детально заключить правила нечетких высказываний, что позволяет отследить взаимосвязь всех необходимых элементов; визуализировать данные, полностью отражающее процесс моделирования; интегрировать необходимые данные с целью получения новых результатов.

Пошагово прокомментируем элементы модели, представленные на рис. 2.

Шаг 1. Первый этап оценки — подсистема, которая выдает допустимое значение.

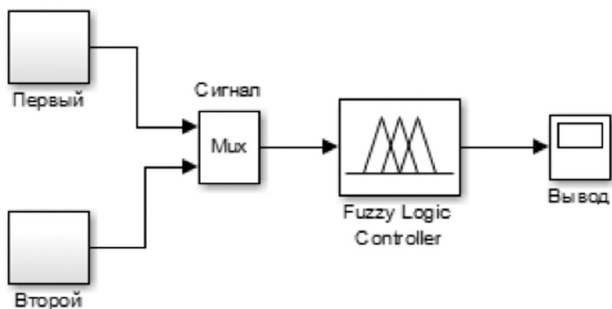


Рис. 2. Модель оценки участника инновационной инфраструктуры средствами Simulink

Шаг 2. Второй этап оценки — подсистема, которая выдает допустимое значение.

Шаг 3. Сигнал — блок, который отвечает за передачу нескольких данных.

Шаг 4. Fuzzy Logic Controller — блок модели, которая изображена на рис. 1.

Шаг 5. Вывод — результат оценки.

Итак, оценка участника инновационной инфраструктуры проводилась двумя способами. При первом был применен пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox, при втором интерактивная система Simulink. Помимо преодоленных ограничений, различие между способами следует видеть в возможности получения конкретизированной оценки средствами Simulink, в отличие от 3D-графики модели Fuzzy Logic Toolbox (рис. 1.).

Потенциальные факторы влияния

Как известно, инновационная деятельность сопряжена с высоким уровнем неопределенности, наличием риска, трудностью оценки результатов, сложностью прогнозирования, что определяет ее специфику. В дополнение к специфике, авторы данной статьи к объективным факторам влияния на инновационную деятельность относят: уровень инфляции, ключевую ставку, курс рубля, изменения в виде санкций, прочее. Отсюда следует, что при оценке участника инновационной инфраструктуры (рис. 1 и 2) не были учтены возможные факторы влияния, которые могут быть разделены на внутренние и внешние.

В работе [26] при оценке элемента инновационной деятельности вводный показатель в виде коэффициента j принимал значения относительно влияния внутреннего фактора. В данном исследовании определим, какое числовое значение примет коэффициент j относительно влияния внешнего фактора, и как уже упоминалось ранее, одним из таких факторов может быть курс рубля к иностранной валюте. На протяжении многих лет мировой валютой является доллар США, которую будем иметь в виду для дальнейшего изложения в практической части работы. Отметим, что не все задействованные входные переменные могут иметь зависимость от валюты. Поэтому коэффициент j присваивается наиболее зависимой(ым) входной переменной.

Привязка к доллару в контексте оценки инновационной деятельности может быть обоснована следующими статьями затрат:

1. Приобретение оргтехники, оборудования и приборов, в том числе программного обеспечения.
2. Осуществление зарубежных командировок, включая стажировки, выставки, конференции.
3. Привлечение сторонних специалистов (предпринимателей, экспертов, консультантов).
4. Расходы на подписку научных исследований по тематике проектов, получение доступа к электронным информационным ресурсам (Scopus, Web of Science).

Резюмируя о необходимости реагирования на факторы влияния добавим, что не следует ограничиваться указанными критериями в процессе оценивания участников инновационной инфраструктуры по причине

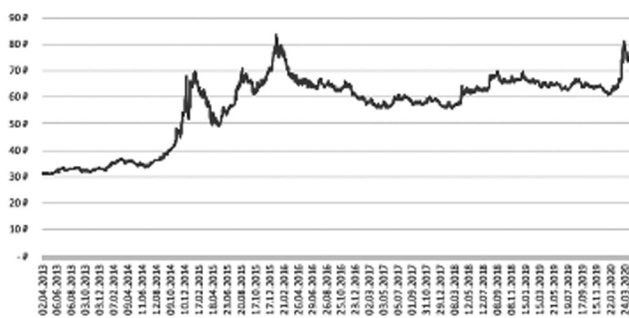


Рис. 3. Динамика валютной пары USD/RUB в период с 2013 по 2020 гг. [28]

существования определенной специфики изучаемого субъекта, который имеет разницу в показателях, расстановки приоритетов, пересмотре программ и стратегий инновационного развития. Также отметим, что присвоение коэффициента каждой входной переменной не является обязательным этапом в оценке, так как существуют категории, на которые мало, либо вообще не оказывают воздействие различные факторы.

Определение веса коэффициента

Важным этапом в процессе оценивания является определение веса коэффициента j . В исследовании [26] использовались относительные единицы измерения, которые присваивались по ранговому принципу, где 0,1 наименьшее из возможных значений, 0,9 наибольшее. Для того чтобы определить вес j зависимой переменной, обратимся к динамике курса доллара США к рублю. График изменений курса валюты представим на рис. 3.

Основываясь на данных рис. 3 составим расчетную таблицу для измерения статистических показателей. Вначале рассчитаем среднее значение курса:

$$y_{\text{ср}} = 437/8 = 54,6.$$

Воспользуемся полученной информацией для нахождения разницы между валютным курсом в определенный период времени и средним значением.

Значения колонки k_i табл. 1 могут быть использованы следующим образом: на примере четырех возможных значений изобразим график, который показывает зависимость потраченных денежных средств от валютного курса. Допустим, запланированные статьи затрат на один календарный год при курсе 54,6 руб. составляют 2 млн руб., тогда сумма расходов при значении 64 руб. рассчитывается по формуле:

$$s_i = k_i s_n,$$

где s_n – 2 млн руб.

Аналогичные расчеты сделаем для значений 34 и 76 руб. Результат представим на рис. 4.

Показано, что валютный курс определяет условия для совершения соответствующих операций, где под средним значением предполагается нормальность условий, которые могут быть выражены единицей. Тогда отклонение от единицы определит состояние

Таблица 1
Статистические показатели динамики валютной пары

i	Год	Курс, руб., x_i	x_i от $i_{\text{ср}} k_i$	Коэф. откл., z_i	Коэф. знач., j_i
1	23.04.2013	31	0,56	0,4	1,4
2	23.04.2014	34	0,62	0,4	1,4
3	23.04.2015	50	0,91	0,1	1,1
4	23.04.2016	64	1,17	-0,2	0,8
5	23.04.2017	56	1,02	-0,02	0,9
6	23.04.2018	61	1,11	-0,1	0,9
7	23.04.2019	65	1,19	-0,2	0,8
8	23.04.2020	76	1,39	-0,4	0,6

условий на конкретный период времени. Коэффициент отклонения находится по формуле:

$$z_i = 1 - k_i.$$

Избавимся от минусов и найдем возможные значения коэффициента фактора влияния по формуле:

$$j_i = z_i + 1.$$

Таким образом, полученные значения колонки j_i табл. 1 могут быть использованы в качестве показателя фактора влияния.

Практика. Методика оценки элемента инновационной деятельности

Выстроив логику в отношении использования пакетов расширения MATLAB, а также фактора влияния на инновационную деятельность, перейдем к заключительному процессу данного исследования — описанию методики оценки элемента инновационной деятельности. В предшествующих работах [21-23, 25] элементами инновационной деятельности выступали: инновационный хаб, бизнес-инкубатор, участники кластерных инициатив. В рамках практической части данного исследования оценим технопарк, также являющийся одним из субъектов инновационной деятельности.

На территории Российской Федерации такой элемент как технопарк не имеет строго определения, что не препятствует широкому использованию данного

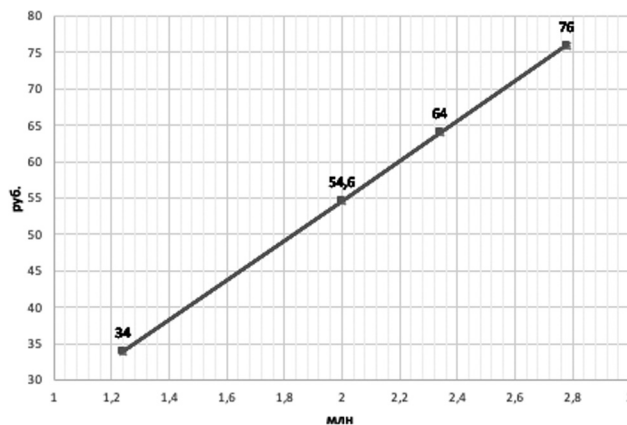


Рис. 4. Зависимость s_i от k_i

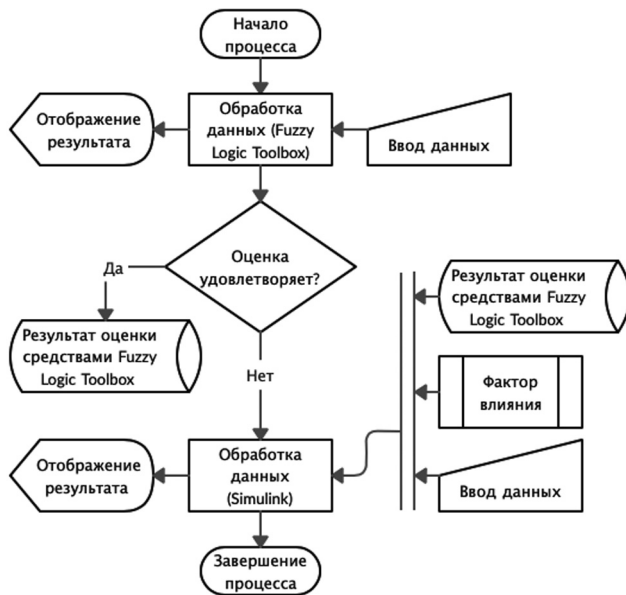


Рис. 5. Процесс разработки методики оценки

термина. Обобщенно, под технопарком понимается инфраструктура инновационного развития технологического предпринимательства. Не углубляясь в особенности технопарков страны, обратим внимание на один из существующих — технопарк «Русский», который располагается на территории Дальневосточного федерального университета [29]. В качестве переменных, которые потребуются для оценки элемента, задействуем «резиденты», «партнеры», «возможности», где на возможности оказывает воздействие валютный курс, выраженный допустимым значением 0,6 (табл. 1).

Уточним, что под возможностями технопарка понимается вышеперечисленные виды деятельности.

Причина использования таких переменных объясняется возможностью формализации проанализированных количественных данных технопарка, которые не противоречат здравому смыслу. Однако, обоснованных входных переменных может быть больше. Относительно рассматриваемого примера предлагается ограничиться тремя переменными, так как одной из задач исследования является знакомство с методикой оценки. В последующих работах планируется уточнить специфику применимости методики, и как следствие определить всевозможные переменные и соответствующие факторы влияния.

С целью наглядного представления процедуры оценивания составим блок-схему (рис. 5) в соответствии с ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) «Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения» [30].

Условно процесс разработки можно разделить на две части. Первая часть начинается с построения модели оценки средствами Fuzzy Logic Toolbox. Пошагово представим процедуру моделирования.

Шаг 1. Запускаем программный продукт MATLAB, пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox. Вызываем редактор систем нечеткого вывода (FIS). Определяемся с алгоритмом нечеткого вывода (Мамдани или Сугено). Добавляем необходимые переменные. Визуализируем проделанные операции (рис. 6).

Шаг 2. Вызываем редактор функций принадлежности нечеткого множества (Membership function). Задаем каждой лингвистической переменной со-

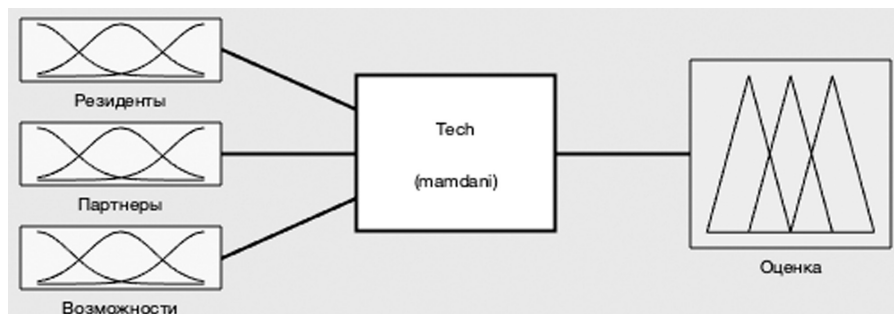


Рис. 6. Система нечеткого вывода

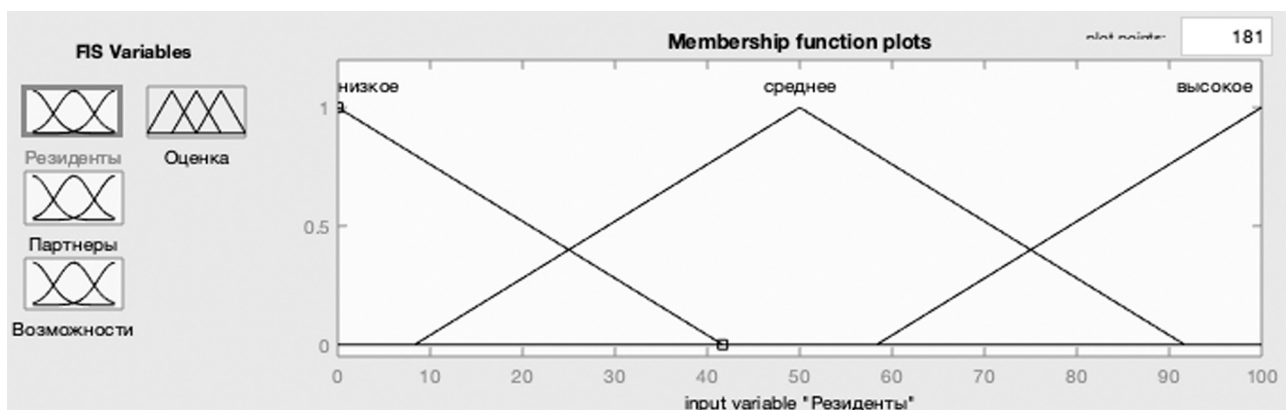


Рис. 7. Функции принадлежности переменных

Примечание: по вертикали: принадлежность множеству; по горизонтали: количество резидентов

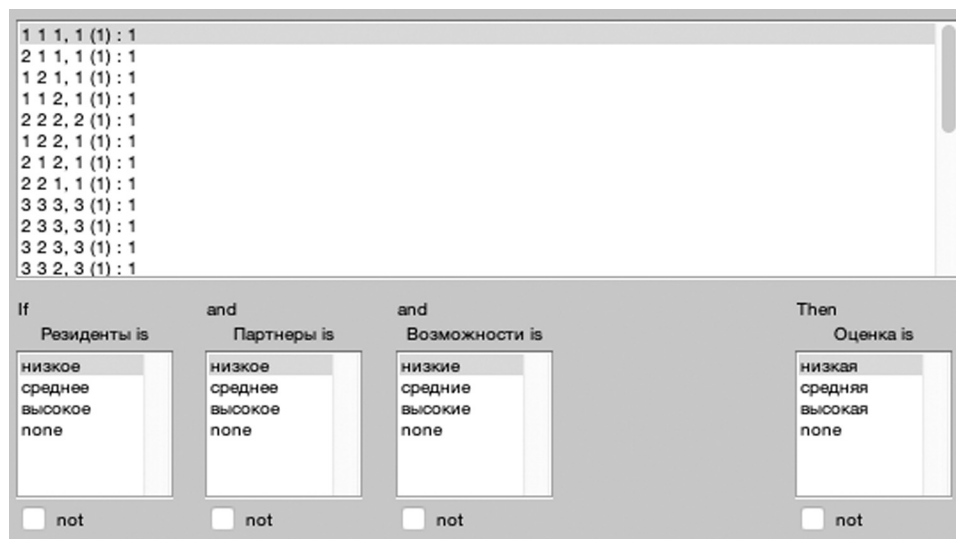


Рис. 8. База правил (кол-во 27)

ответствующие значения. На примере переменной «Резиденты» продемонстрируем работу редактора (рис. 7).

Шаг 3. Обратимся к редактору Rules для составления базы правил. Данный процесс необходим для сопоставления каждой входной переменной с выходной. Результат представим на рис. 8.

Шаг 4. На основании составленной базы знаний можно получить результат оценки. Завершающим процессом является определение значений каждой лингвистической переменной. Согласно информации, представленной на официальном сайте технопарка «Русского» [29], «Резиденты» имеют значение 65, «Партнеры» — 29, «Возможности» — 4, тогда числовой показатель оценки равен 2.6, который определяет уровень инновационного развития исследуемого субъекта. Результат четвертого шага изобразим на рис. 9.

На этом этапе первая часть разработки методики оценки технопарка заканчивается. Согласно блок-схеме, появляется выбор, продолжить процедуру оценивания или остановиться на текущих результатах. Относительно данной научной работы была показана необходимость реагирования на фактор влияния, что свидетельствует о проведении дальнейшего исследования. Продолжим пошаговую процедуру моделирования второй части разработки.

Шаг 5. Запускаем пакет расширения Simulink. Открываем библиотеку блоков (library browser). При-

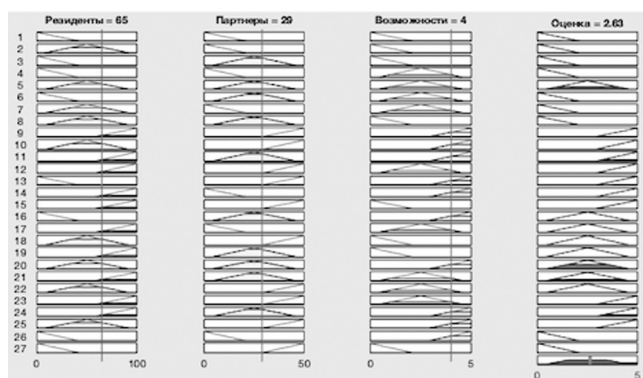


Рис. 9. Промежуточный результат оценки

ступаем к построению модели с входных переменных. Далее необходимо воспользоваться алгоритмом нечеткого вывода, который лежит в основе первой части разработки методики. Ввиду этого создадим блок Fuzzy Logic Controller для каждой входной переменной, и импортируем данные с Fuzzy Logic Toolbox. Следующим этапом является присвоение фактора влияния посредством создания дополнительного блока. После чего проводится дефаззификация по методу центра тяжести согласно теории нечетких множеств и нечеткой логики [17,19].

Шаг 6. Заключительной частью разработки методики оценки является ввод соответствующих системе данных. Начиная с входных переменных присвоим значения, используемые ранее, а именно: «Резиденты» — 65, «Партнеры» — 29, «Возможности» — 4. В соответствии с определением значения фактора влияния (раздел — определение веса коэффициента),

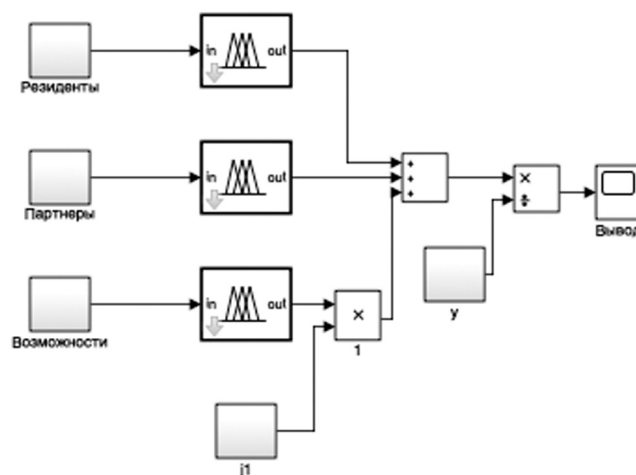


Рис. 10. Результат моделирования оценки элемента инновационной деятельности (технопарка)

Примечание: рисунок читается слева направо.

1. Входные переменные: «Резиденты», «Партнеры», «Возможности».
2. Алгоритмы построены посредством Fuzzy Logic Toolbox.
3. Фактор влияния: j (0,6).
4. Расчет среднего значения, где y кол-во переменных.
5. Результат оценки: 2,4.

Таблица 2

Оценка инновационного развития технопарка «Русский»

Технопарк «Русский»	Общий ранг	Оценка переменных			
		«Резиденты»	«Партнеры»	«Возможности»	
				Без учета j	С учетом j
	4-5				
	3-4			*	
	2-3	*	*		*
	1-2				
	0-1				

входной переменной «Возможности» присвоим коэффициент 0,6. Представим результат моделирования на рис. 10.

Оценка технопарка проводилась при помощи системы MATLAB, пакетов расширения Fuzzy Logic Toolbox и Simulink. Целесообразность использования двух пакетов показана в теоретической части исследования, где к основному преимуществу относится учет фактора влияния, выраженного коэффициентом j . В ходе проделанных операций по построению модели результат оценки равен 2,4. Данный показатель представлен в условных единицах измерения по ранговой шкале от 0 до 5, и определяет уровень инновационного развития исследуемого субъекта. С целью наглядности отобразим детальный результат оценки (табл. 2).

Полученные результаты оценки могут послужить удовлетворению информационных потребностей управляющей компании технопарка «Русский», принимающей управленческие решения в области инновационной деятельности, а также выработке рекомендаций по совершенствованию инновационной политики. Как упоминалось ранее, процесс оценивания инновационной деятельности может осуществляться не только для определения инновационного развития, но также и для прочих показателей, характеристика которых идентифицируется задействованными переменными.

Заключение

В заключение сфокусируем внимание на основных выводах:

1. Компьютерная среда MATLAB, с совместным использованием пакетов расширения Fuzzy Logic Toolbox и Simulink, может рассматриваться как действенный метод исследования инновационной деятельности соответствующих субъектов по следующей причине: построенная имитационная модель (рис. 10) отвечает основным свойствам экономико-математических моделей, к которым относится адекватность, оптимальность, результативность, приемлемость использования математического аппарата, о чем более подробно упоминалось во введении исследовательской работы.
2. В практической части исследования продемонстрировано, что на инновационное развитие может оказывать воздействие внешний фактор, выраженный курсом доллара США к рублю, принимая во внимания которого позволило повысить объективность оценки.
3. Используемый в качестве примера технопарк, с конкретными входными переменными, и фактор влияния, определяемый валютным курсом, являются условными явлениями, рассматриваемыми с точки зрения имитационного моделирования элементов инновационной деятельности.

Список использованных источников

1. Большая энциклопедия нефти и газа. <https://www.ngpedia.ru/index.html>.
2. Л. С. Звягин. Актуальные экономико-математические методы исследования современных экономических процессов // Вопросы экономики и управления. 2015. № 2. С. 1-6.
3. Словарь экономических терминов. <http://www.economicportal.ru/term-words/word-ea1.html#ea29>.
4. О. И. Никонов. Математическое моделирование и методы принятия решений: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 100 с.
5. Э. Г. Азимов, А. Н. Щукин. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам). М.: Издательство ИКАР, 2009.
6. А. М. Новиков, Д. А. Новиков. Методология. М.: СИН-ТЕГ, 2007. 668 с.
7. Д. А. Новиков, А. Г. Чхартишвили. Активный прогноз. М.: ИПУ РАН, 2002.
8. В. А. Лукас. Теория управления техническими системами: учеб. пособие для вузов. 4-е изд., испр. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 677 с.
9. И. В. Мирошник, В. О. Никифоров, А. Л. Фрадков. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. СПб.: Наука, 2000. 549 с.
10. А. В. Пантелеев. Теория управления в примерах и задачах: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2003. 583 с.
11. В. Н. Фомин, А. Л. Фрадков, В. А. Якубович. Адаптивное управление динамическими объектами. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 448 с.
12. С. Г. Емельянов, В. С. Титов, М. В. Бобыр. Интеллектуальные системы на основе нечеткой логики и мягких арифметических операций: учебное пособие. М.: Аргамак-Медиа, 2014. 341 с.
13. В. А. Дыхта. Динамические системы в экономике. Введение в анализ одномерных моделей: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2003. 178 с.
14. К. В. Балдин. Управление рисками в инновационно-инвестиционной деятельности предприятия: учеб. пособие. 2-е изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. 420 с.
15. А. В. Тычинский. Управление инновационной деятельностью компаний: современные подходы, алгоритмы, опыт. Таганрог: ТРТУ, 2006. 189 с.
16. А. И. Егоров. Основы теории управления. М.: Физматлит, 2004. 504 с.
17. С. Д. Штовба. Проектирование нечетких систем средствами. MATLAB. М.: Горячая линия – Теле-ком, 2007.
18. М. А. Горькавый, А. И. Горькавый. Интеллектуальные системы в задачах управления техническими и организационно-технологическими процессами: учеб. пособие. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАТУ», 2016. 117 с.
19. А. В. Леоненков. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и Fuzzytech. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
20. В. П. Дьяконов. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. М.: СОЛОН-Пресс, 2010. 384 с.
21. Д. Б. Соловьев, С. С. Кузора. Нечеткое моделирование оценки элемента кластера // Вестник Нижегородского университета им Н. И. Лобачевского. Серия: «Социальные науки». № 2 (54). 2019. С. 23-28.

22. Д. Б. Соловьев, С. С. Кузора, А. Е. Меркушева. Математическая модель оценки эффективности инновационного хаба//Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 1. № 3. С. 3-10.
23. Д. Б. Соловьев, С. С. Кузора, А. Е. Меркушева. Использование алгоритмов нечеткого вывода для предварительной оценки участников при кластерном подходе//Инновации. 2018. № 5 (235). С. 77-81.
24. Д. Б. Соловьев, С. С. Кузора. Применение математического моделирования в инновационной деятельности//Креативная экономика. 2019. Т. 13. № 4. С. 701-712.
25. Д. Б. Соловьев, И. П. Натаров, С. С. Кузора. Моделирование оценки готовности субъекта Российской Федерации к инновационной деятельности (на примере Приморского края)//Креативная экономика. 2020. Т. 14. № 5.
26. Д. Б. Соловьев, С. С. Кузора. Методика оценки инновационной деятельности посредством гибких алгоритмов//Инновации. 2019. № 6 (248). С. 78-87.
27. D. B. Solovlev, S. S. Kuzora. MATLAB for Simulation-Based Innovation Performance Assessment. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2019. P. 1-3.
28. Центральный банк Российской Федерации. https://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.
29. Официальный сайт технопарка «Русский». <http://rutechpark.ru>.
30. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. <http://docs.cntd.ru/document/gost-19-701-90-espdl>.

References

1. Big encyclopedia of oil and gas. <https://www.ngpedia.ru/index.html>.
2. L. S. Ziyagin. Actual economic and mathematical methods of studying modern economic processes//Problems of Economics and Management. 2015. № 2. P. 1-6.
3. Dictionary of economic terms. <http://www.economicportal.ru/term-words/word-ea1.html#ea29>.
4. O. I. Nikonov. Mathematical modeling and decision-making methods: textbook. Benefit. Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta, 2015. 100 p.
5. E. G. Azimov, A. N. Shchukin. New dictionary of methodological terms and concepts (theory and practice of teaching languages). Printed edition. M.: IKAR Publishing House, 2009.
6. A. M. Novikov, D. A. Novikov. Methodology. M.: SIN-TEG, 2007. 668 p.
7. D. A. Novikov, A. G. Chkhartishvili. Active forecast. Moscow: IPU RAN, 2002.
8. V. A. Lucas. Theory of control of technical systems: Textbook. manual for universities. 4th edition, revised. Ekaterinburg: UGGU Publishing House, 2005. 677 p.
9. I. V. Miroschnik, V. O. Nikiforov, A. L. Fradkov. Nonlinear and adaptive control of complex dynamic systems. SPb.: Nauka, 2000. 549 p.
10. A. V. Pantelev. Control theory in examples and tasks: Textbook. Benefit. M.: Higher. shk., 2003. 583 p.
11. V. N. Fomin, A. L. Fradkov, V. A. Yakubovich. Adaptive management of dynamic objects. M.: Science. Main edition of physical and mathematical literature, 1981. 448 p.
12. S. G. Emelyanov, V. S. Titov, M. V. Bobyr. Intelligent systems based on fuzzy logic and soft arithmetic operations. Tutorial. M.: Argamak-Media, 2014. 341 p.
13. V. A. Dykhta. Dynamical systems in economics. Introduction to the analysis of one-dimensional models. Tutorial. Irkutsk: BSUEP Publishing House, 2003. 178 p.
14. K. V. Baldin. Risk management in the innovation and investment activities of the enterprise: Textbook. 2nd ed. M.: Publishing and trade corporation «Dashkov and K», 2012. 420 p.
15. A. V. Tychinsky. Management of innovative activities of companies: modern approaches, algorithms, experience. Taganrog: TRTU, 2006. 189 p.
16. A. I. Egorov. Foundations of control theory. M.: Fizmatlit, 2004. 504 p.
17. S. D. Shtovba. Designing fuzzy systems by means. MATLAB. M.: Hotline - Tele-com, 2007.
18. M. A. Gorkavy, A. I. Gorkavy. Intelligent systems in the tasks of managing technical and organizational-technological processes: textbook. allowance. Komsomolsk-on-Amur: FGBOU VO «KnAGTU», 2016. 117 p.
19. A. V. Leonenkov. Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH. SPb.: BHV-Petersburg, 2005.
20. V. P. Dyakonov. VisSim + Mathcad + MATLAB. Visual mathematical modeling. M.: SOLON-Press, 2010. 384 p.
21. D. B. Solovlev, S. S. Kuzora. Fuzzy modeling of the assessment of a cluster element//Bulletin of the Nizhny Novgorod University n. a. N. I. Lobachevsky. Series: Social Sciences. 2019. № 2 (54). P. 23-28.
22. D. B. Solovlev, S. S. Kuzora, A. E. Merkusheva. A mathematical model for assessing the effectiveness of an innovation hub//Economics and Management: Problems, Solutions. 2018. Vol. 1. № 3. P. 3-10.
23. D. B. Solovlev, S. S. Kuzora, A. E. Merkusheva. The use of fuzzy inference algorithms for preliminary assessment of participants in the cluster approach//Innovations. 2018. № 5 (235). P. 77-81.
24. D. B. Solovlev, S. S. Kuzora. Application of mathematical modeling in innovation//Creative Economy. 2019. Vol. 13. № 4. P. 701-712.
25. D. B. Solovlev, I. P. Natarov, S. S. Kuzora. Modeling the assessment of the readiness of a constituent entity of the Russian Federation for innovation (by the example of Primorsky Krai)//Creative Economy. 2020. Vol. 14. № 5.
26. D. B. Solovlev, S. S. Kuzora. Methodology for assessing innovative activity through flexible algorithms//Innovations. 2019. № 6 (248). P. 78-87.
27. D. B. Solovlev, S. S. Kuzora. MATLAB for Simulation-Based Innovation Performance Assessment. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2019. P. 1-3.
28. Central Bank of the Russian Federation. https://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.
29. Official site of the Technopark «Русский». <http://rutechpark.ru>.
30. Electronic fund of legal and normative-technical documentation. <http://docs.cntd.ru/document/gost-19-701-90-espdl>.