

## 08.00.13 – МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

УДК 001.895:510.22  
ББК 65.29

**Игольникова Оксана Сергеевна,**

соискатель кафедры экономики и управления, Волгоградский государственный технический университет.

E-mail: igolnikova\_87@mail.ru

**Копылов Алексей Владимирович**

к. э. н., доц. кафедры экономики и управления, Волгоградский государственный технический университет.

E-mail: kopilov@bk.ru

### **Нечетко-множественная модель оценки технической составляющей инновационного потенциала предприятия**

#### **Indistinct-plural model of rating the technical component of the enterprise innovative potential**

*Статья посвящена оценке наличия у предприятия технических возможностей для внедрения как базовых, так и улучшающих инноваций. На основе теории нечетких множеств построена модель оценки технической составляющей инновационного потенциала предприятия с учетом фактора неопределенности. Построенная модель включает четыре группы показателей: показатели возможностей производственного оборудования; показатели качества применяемых сырья, материалов, комплектующих; показатели рациональности применения сырья, материалов и комплектующих; показатели модернизации и реконструкции оборудования. Модель обладает явными преимуществами по сравнению с экспертными и статистическими методами оценки, позволяя минимизировать погрешность получаемых оценок.*

*The article deals with the problem of rating enterprise technical possibilities for the introduction of both basic and improving innovations. The model of rating the technical component of the enterprise innovative potential including an uncertainty factor is built on the basis of an indistinct-plural theory. The built model includes four groups of indexes: indicators of capacity of production equipment; quality indicators of using raw materials and other production components; indicators of rationality of using raw materials and other production components; indicators of modernization and reconstruction of the equipment. The model has distinct advantages in comparison with the expert and statistical methods of estimation, giving the opportunity to minimize fault of obtained estimations.*

*Ключевые слова: инновационный потенциал; технический ресурс; нечеткое множество; лингвистическая переменная; термы; функция принадлежности; возможности производственного оборудования; показатели качества; показатели рациональности; показатели модернизации, реконструкции.*

*Keywords: innovative potential; technical resource; indistinct-plural; linguistic variable; thermae; membership function; capacity of production equipment; quality indicators; indicators of rationality; indicators of modernization, reconstruction.*

В сегодняшних непростых условиях дефицита ресурсов для эффективного развития предприятия на первый план выходят такие формы организации производственной деятельности, которые позволяют создавать новые

виды продукции более высокого качества и с наименьшими затратами. Реализация именно такой промышленной политики позволит вывести предприятие на новый уровень конкурентоспособности, обеспечит динамический темп роста и снизит чувствительность предприятия к внешним рискам за счет формирования устойчивой финансовой подушки безопасности. Особенно актуальна проблема инновационного развития для экономики России, переживающей переход к рыночным отношениям. Кризис в экономике страны сопровождается инновационным кризисом, характеризующимся резким снижением управляемости процессами создания и внедрения новшеств, отсутствием источников финансирования инновационной деятельности, сокращением деятельности научно-исследовательских организаций. Именно поэтому основной задачей российского бизнеса является развитие инновационных сил экономики путем повышения инновационной активности каждого хозяйствующего субъекта. Но прежде, чем развивать инновационную деятельность на предприятии необходимо определить «точку отсчета», характеризующую фактическое состояние ресурсов предприятия, необходимых для реализации нововведений. Подобной «точкой отсчета» может стать оценка инновационного потенциала предприятия. Целью научного исследования является разработка наиболее адаптивной модели оценки технической составляющей инновационного потенциала предприятия. В рамках поставленной цели предусмотрено решение следующих задач:

- определение основных показателей, характеризующих техническую составляющую инновационного потенциала предприятия;

- адаптация теории нечетких множеств к оценке технической составляющей инновационного потенциала предприятия.

Прежде чем приступить к реализации поставленных задач, необходимо определиться с понятиями «инновации» и «инновационный потенциал». В силу относительной новизны категории «инновации» наиболее точный вариант ее определения содержится в Концепции инновационной политики Российской Федерации на 1998–2000 гг., одобренной постановлением Правительства РФ от 24 июля 1998 г.<sup>1</sup> В данном документе под инновацией понимается конечный

<sup>1</sup> Концепция реформирования российской науки на период 1998–2000 гг. (одобрена Постановлением Правительства РФ от 18 мая 1998 г. № 453//Собрание законодательства Российской Федерации от 25 мая 1998 г. № 21, ст. 2234.

результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности. В свою очередь инновационная деятельность определяется как процесс, направленный на реализацию результатов законченных научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений в новом или усовершенствованном продукте, реализуемом на рынке, в новом или усовершенствованном технологическом процессе, используемом в практической деятельности, а также связанные с этим дополнительные научные исследования и разработки. Таким образом, к инновациям можно отнести любые новшества, которые впервые нашли применение на предприятии и создают дополнительный экономический или социальный положительный эффект.

Одной из важнейших экономических категорий, характеризующих инновации и инновационные процессы, происходящие в экономике, выступает инновационный потенциал. Инновационный потенциал организации в общем виде включает предполагаемые или уже мобилизованные ресурсы и организационный механизм (организационная структура и т.д.) для достижения поставленной цели в области наукоемких технологических процессов, новых видов продуктов или их модификации, а также новых услуг. Это – мера готовности организации выполнять поставленные инновационные задачи. В узком смысле инновационный потенциал предприятия – это совокупность имеющихся у предприятия средств, возможностей для использования нововведений в производственной, финансовой, управленческой и коммерческой деятельности в соответствии с базовыми целями его развития. На наш взгляд можно выделить следующие структурные составляющие инновационного потенциала промышленного предприятия:

- 1) технические ресурсы;
- 2) технологические ресурсы;
- 3) пространственные ресурсы;
- 4) ресурсы системы управления предприятием;
- 5) информационные ресурсы;
- 6) кадровые ресурсы;
- 7) финансовые ресурсы.

Наличие и масштабы развития данных ресурсов определяют как текущую меру готовности, так и будущую степень эффективности освоения предприятием новых технологий.

В широком смысле, под инновационным потенциалом предприятия следует понимать отношения, которые возникают на микроуровне между работниками по поводу достижения базовых целей предприятия, заложенных в стратегии его развития, при условии наличия инновационных возможностей, которые создаются за счет других компонентов потенциала.

Необходимо отметить, что инновационный потенциал страны, как и любой элемент рыночной экономики, подчиняется закону циклического развития. В наибольшей степени на него оказывают влияние среднесрочные и долгосрочные колебания, материальной основой которых является замена определенной части основного капитала. Наиболее важной стадией экономического цикла с точки зрения инновационной активности предприятия является стадия оживления экономики. Темпы развития иннова-

ционных производств на данной стадии достигают своих наивысших значений. Период оживления экономики наиболее благоприятен для реализации инноваций, так как позволяет предприятию воспользоваться увеличением деловой активности экономики и раньше своих конкурентов выйти на новые рынки с новым продуктом. Такая стратегия предприятия способна принести наибольшую отдачу в виде весомой доли рынка, высокой нормы прибыли и значительного инновационного отрыва от основных конкурентов. Поэтому в период общеэкономического кризиса, наблюдаемого в настоящее время, основной задачей предприятия ориентированного на успешное развитие в будущем является своевременное внедрение инноваций. Выполнить эту задачу можно только путем постоянной диагностики инновационного потенциала предприятия и управления данным потенциалом. В данной работе предпринята попытка формирования методики оценки одной из наиболее важной структурной составляющей инновационного потенциала предприятия – технической составляющей.

Значимой тенденцией экономики сегодня является резкое сокращение срока жизни инноваций, который вызывает повышение интенсивности появления на рынке все новых и новых товаров и услуг. Практически ежедневное обновление ассортиментных рядов на отдельных товарных рынках приводит к тому, что инновационные товары быстро переходят в разряд устаревших. На их смену приходят другие инновации. Подобная ситуация наблюдается в производстве потребительских товаров. В секторе производства товаров промышленного назначения основным объектом устаревания становится используемая в производстве технология. Именно поэтому основной задачей предприятия в краткосрочном периоде является постоянное поддержание уровня новизны продукции на уровне аналогичного показателя главных конкурентов. Для реализации данной задачи необходимо постоянное внедрение улучшающих инноваций, которые меняют лишь часть базисной технологии без перехода на качественно новую инновацию. Безусловно, внедрение улучшающих инноваций менее затратно, чем внедрение базисных технологий. Однако за счет постоянной необходимости обновления улучшающих технологий данный процесс становится более трудоемким и затратным. Кроме того, отдельную трудность в обеспечении процесса внедрения улучшающих инноваций составляют физические границы роста коэффициента экстенсивного и интенсивного использования оборудования, сырья и материалов. Именно поэтому постоянная диагностика технических возможностей производственной базы предприятия становится наиболее актуальной проблемой.

Существует целый комплекс методов оценки показателей и систем. Обобщенно применяемых в практике системного анализа и моделирования сложных систем, представлены на рисунке 1.<sup>2</sup>

Рассмотрим кратко основные методы анализа систем.

Мозговая атака – коллективный метод поиска новых технических идей и решений путем систематической тренировки творческого мышления. Целью мозговой атаки является получение большого количества различных креативных идей в ограниченное время.

<sup>2</sup> См.: Копылов А.В. Формирование и оценка стратегических ресурсов предприятий. / А.В. Копылов, О.А. Ломовцева, Р.П. Харбава – Волгоград: Перемена, 2002.

Метод сценариев предполагает моделирование будущих состояний системы по каждому рассматриваемому решению, расчет основных характеристик моделей и прогнозирование возможных положительных и отрицательных последствий каждой модели.

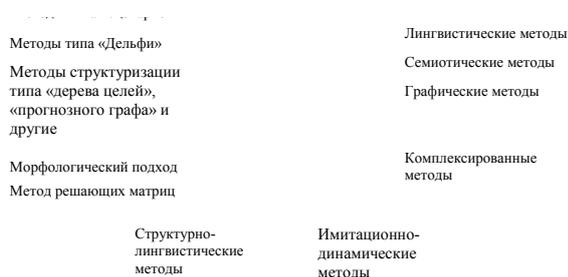


Рис. 1. Схема методов представления и анализа систем

Метод «Дельфи» представляет собой разновидность экспертных оценок, включающий в себя механизм повышения объективности экспертных опросов. Основные средства повышения объективности результатов при применении «Дельфи»-метода – использование обратной связи, путем ознакомления экспертов с результатами предшествующего тура опроса и учет этих результатов при оценке значимости мнений экспертов. В силу трудоемкости обработки результатов и значительных временных затрат, первоначально предусматриваемые методики «Дельфи» не всегда удается реализовать на практике.

Методы типа «дерева целей» подразумевают использование иерархической структуры, полученной путем разделения общей цели на подцели, а их, в свою очередь, на более детальные составляющие, которые можно называть подцелями нижележащих уровней или, начиная с некоторого уровня, – функциями.

Основная идея морфологического подхода – систематически находить наибольшее число, а в пределе – все возможные варианты решения поставленной проблемы или реализации системы путем комбинирования основных (выделенных исследователем) структурных элементов системы или их признаков. Подобный подход к решению поставленной задачи является очень трудоемким.

Метод решающих матриц представляет собой средство повышения достоверности экспертной оценки путем разделения проблемы с большой неопределенностью на подпроблемы и пошагового получения оценок.

Аналитические методы применяются, когда свойства системы можно отобразить с помощью детерминированных величин и зависимостей, то есть когда знания о процес-

сах и событиях в некотором интервале времени позволяют полностью определить поведение их вне этого интервала.

Статистические методы позволяют, не выявляя все детерминированные связи между изучаемой последовательностью событий или отображаемыми в модели элементами системы, на основе выборочного наблюдения (исследования представительной выборки) получать статистические закономерности и распространять их на поведение системы в целом, выявлять характер, силу взаимовлияния элементов внутри структуры системы, а также компонентов окружения.

Теоретико-множественные представления базируются на понятиях: множество, элементы множества и отношения на множествах. Особое значение в данной группе методов приобретает в последнее время анализ построенные на основе теории нечетких множеств.

Логические методы применяются при исследованиях новых структур разнообразной природы (технических объектов, текстов и других), в которых характер взаимодействия между элементами не абсолютно ясен, а статистические исследования либо затруднены, либо не привели к выявлению устойчивых закономерностей.

Лингвистические, семиотические представления возникли и развиваются в связи с потребностями анализа языков и текстов. Вместе с этим такие методы применяются для первого этапа постепенной формализации задач принятия решений в плохо формализуемых ситуациях (особенно в сочетании с графическими методами).

Графические представления нашли свое активное применение в решении разного рода организационно-экономических задач управления производством, в сфере проектирования информационных комплексов систем управления и планирования. Графически зачастую представляют результаты аналитических расчетов и полученные статистические закономерности.

Наиболее распространенными на практике методами являются две группы методов: метод экспертных оценок и статистические методы. Подобная популярность данных методов связана с простотой их реализации и минимальным объемом подготовительных и вспомогательных действий. Однако для целей создания адекватной и точной модели оценки технической составляющей инновационного потенциала предприятия данные методы не могут быть использованы в чистом виде. Проблема неточности результатов статистического метода, применяемого для оценки инновационного потенциала заключается в невозможности проведения многочисленных экспериментов при реализации инновационного процесса. При анализе того или иного показателя на конкретном предприятии также возникает проблема отсутствия статистической информации или малым (недостаточным) размером выборки по некоторым из показателей. Это объясняется тем, что при статистическом анализе хозяйственной деятельности предприятия иногда используются нетрадиционные показатели, идентифицировать которые за предыдущие периоды времени сложно. Кроме того, для достоверности анализа, проведенного вероятностным методом необходима выборка размером 50-100 измерений, что не всегда возможно реализовать в силу небольшого срока функционирования исследуемого предприятия. Поэтому оценка вероятности того или иного события с помощью частотной интерпретации достаточно затруд-

нена. Если произвести оценку экспертных методов анализа экономических показателей, то также можно выявить достаточно серьезные недостатки такого подхода. Нельзя забывать о том, что экспертные оценки несут в себе не только узкосубъективные черты, присущие отдельным экспертам, но и коллективно-субъективные черты, которые не исчезают при обработке результатов опроса (а при применении Дельфи-процедуры даже могут усиливаться). Иными словами, на экспертные оценки нужно смотреть как на некоторую «общественную точку зрения», зависящую от уровня научно-технических знаний общества относительно предмета исследования, которая может меняться по мере развития системы и наших представлений о ней. В результате основным недостатком метода является высокий риск ошибки эксперта, вызванной субъективностью оценки и некоторыми проблемами понимания и интерпретации изучаемого объекта. Однако у метода экспертных оценок есть очевидное преимущество – он позволяет оценить те стороны экономической деятельности хозяйствующего субъекта, количественной (цифровой) информации по которым не существует. Обычно метод экспертных оценок и вероятностный метод сосуществуют в анализе экономических показателей, имеющих дискретное количественное (цифровое) представление. В этом случае недостатки одного метода анализа ликвидируются преимуществами другого метода. Однако имеются недостатки и у такого комбинированного подхода к оценке экономических показателей. Это связано с тем, что точность оценки вероятностей реализации события зависит от множества факторов, начиная от качества статистической информации и заканчивая качеством экспертных оценок. То есть имеет место неопределенность при оценке того или иного экономического показателя. Существующие вероятностные или экспертные методы оценки экономического показателя или процесса либо элиминируют неопределенность из модели оценки, что неправомерно, так как неопределенность является неотъемлемой характеристикой любого прогноза, либо неспособны формально описать, и учесть все возможное разнообразие видов неопределенности. Тем не менее, отсутствие учета неопределенности в оценочной модели приводит к значительной погрешности результата оценки. В современных условиях конкурентного рынка такая погрешность недопустима. Поэтому в последнее время для оценки явлений с высокой долей неопределенности, имеющих место, в том числе, и в экономике, используют интенсивно развивающееся направление математики – теорию нечетких множеств.

Теория нечетких множеств описывает понятия и процессы, в которых параметры и цели не имеют точных границ. В основе прикладного применения теории нечетких множеств лежит метод экспертных оценок, который иногда строится на основе вероятностных методов. Однако в данном случае основные недостатки экспертных и вероятностных методов ликвидируются путем учета в модели неопределенности. Обыкновенное множество задается с помощью своей характеристической функции, которая принимает значение 1, если данная точка принадлежит множеству и 0 в противном случае. Однако существует большой класс понятий, которые не могут быть охарактеризованы в рамках классической теории множеств. Принципиальным свойством этих понятий является существования размытой гра-

ницы между различными градациями того или иного качества. В реальности граница между этими понятиями имеет нечеткий характер. Для описания таких понятий используются нечеткие множества, характеристические функции которых могут принимать значения из всего интервала от 0 до 1, то есть точка характеризуется мерой ее принадлежности множеству. Такой подход позволяет гораздо удобнее реализовать метод экспертных оценок, чем традиционная теория вероятности. Построение моделей в рамках нечеткого подхода дает возможность сравнивать модели и придавать точный смысл таким понятиям как «высокий», «низкий», «наиболее предпочтительный», «весьма ожидаемый», «скорее всего» и т.д. Появляется то, что в науке описывается как лингвистическая переменная со своим терм-множеством значений, а связь количественного значения некоторого фактора с его качественным лингвистическим описанием задается так называемыми функциями принадлежности фактора нечеткому множеству.

Уточним некоторые основные понятия теории нечетких множеств, упомянутые выше.

Нечетким множеством  $A$  в  $\xi$  называется совокупность пар вида  $(x, \mu_A(x))$ , где  $x \in \xi$ , а  $\mu_A$  – функция принадлежности нечеткого множества  $A$ .

Функция принадлежности нечеткого множества  $A$  – это функция количественно отражающая степень принадлежности переменной к нечеткому множеству и принимающая значения от 0 до 1.

Лингвистическая переменная – это набор  $\langle \gamma, T, \xi, G, M \rangle$ ,

где  $\gamma$  – имя лингвистической переменной;

$T$  – множество значений лингвистической переменной (терм-множество), представляющие имена нечетких переменных, область определения, которых является множество  $\xi$ ;

$\xi$  – базовое множество;

$G$  – синтаксическая процедура, позволяющая оперировать элементами терм-множества  $T$ , в частности, генерировать новые термы (значения);

$M$  – семантическая процедура, позволяющая преобразовать новое значение лингвистической переменной, образованной процедурой  $G$ , в нечеткую переменную, то есть сформировать соответствующее нечеткое множество.<sup>3</sup>



Рис. 2. Алгоритм оценки экономического показателя на основе теории нечетких множеств

<sup>3</sup> См. подробнее: Недосекин, А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами / А. О. Недосекин // Аудит и финансовый анализ. – 2000. - №2. – С. 137-160.

Базовое терм-множество – это множество всех возможных значений лингвистической переменной.

Терм – любой элемент терм-множества.

Укрупненный алгоритм проведения оценки экономического показателя с помощью теории нечетких множеств представлен на рисунке 2. Сущность данного алгоритма заключается в последовательном движении исследователя от терм-множества лингвистической переменной к фактическому значению исследуемого показателя, который в результате оценки также приобретает лингвистическое значение.

Оценка экономического показателя с помощью теории нечетких множеств производится в два укрупненных этапа. Опишем каждый из этапов.

Подготовительный этап разбивается на несколько последовательных шагов.

Шаг 1. Введем набор отдельных показателей  $X = \{X_i\}$ , которые в наибольшей степени характеризуют

технические ресурсы предприятия. Под техническими ресурсами предприятия мы понимаем такие ресурсы предприятия, которые используются непосредственно для производства продукции и оказания услуг и оказывают влияние на качество изготавливаемой продукции (оказываемых услуг). На наш взгляд технические ресурсы предприятия должны включать показатели технического состояния оборудования, качества используемых в производстве материальных ресурсов и качества выпускаемой продукции (оказываемых услуг). Для композиции показателя технических ресурсов предприятия выделим следующие группы показателей:

1. показатели возможностей производственного оборудования;
2. показатели качества применяемых сырья, материалов, комплектующих (реализуемых товаров, работ, услуг);
3. показатели рациональности применения сырья, материалов и комплектующих;

Таблица 1

**Показатели качества технических ресурсов предприятия**

Группа показателей	Вид анализа	Показатель
1. Показатели возможностей производственного оборудования ( $X_1$ ).	Анализ обеспеченности предприятия основными фондами	1) показатель фондовооруженности труда ( $X_{11}$ ); 2) показатель технической вооруженности труда ( $X_{12}$ );
	Анализ использования площадей	1) удельный вес производственной площади во всей располагаемой площади ( $X_{13}$ ); 2) удельный вес площади, занятой оборудованием, в производственной площади ( $X_{14}$ ).
	Анализ работы оборудования	1) фондоотдача ( $X_{15}$ ); 2) коэффициент загрузки оборудования ( $X_{16}$ ); 3) коэффициент использования планового фонда времени ( $X_{17}$ ); 4) удельный вес простоев в календарном фонде ( $X_{18}$ ).
2. Показатели качества применяемых сырья, материалов, комплектующих (реализуемых товаров, работ, услуг) ( $X_2$ ).	Анализ качества сырья, материалов и комплектующих	1) показатели назначения (классификационные, функциональные, конструктивные показатели, показатели состава и структуры) ( $X_{21}$ ); 2) показатели надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость) ( $X_{22}$ ); 3) эргономические показатели (психофизиологические, психологические, физиологические) ( $X_{23}$ ); 4) эстетические показатели ( $X_{24}$ ); 5) показатели технологичности (показатели трудоемкости, материало- и фондоемкости, себестоимости изделий) ( $X_{25}$ ); 6) показатели стандартизации и унификации ( $X_{26}$ ); 7) патентно-правовые показатели ( $X_{27}$ ); 8) экологические показатели ( $X_{28}$ ); 9) показатели безопасности ( $X_{29}$ ); 10) экономические показатели ( $X_{20}$ ).
	Анализ качества реализуемых товаров, работ, услуг	
3. Показатели рациональности применения сырья, материалов и комплектующих ( $X_3$ ).	Анализ показателей полезного использования материальных ресурсов	1) коэффициент выхода готовой продукции из единицы сырья (материалоотдача) ( $X_{31}$ ); 2) показатель расхода сырья на единицу готовой продукции ( $X_{32}$ ); 3) коэффициент использования материальных ресурсов ( $X_{33}$ ); 4) уровень отходов (потерь) ( $X_{34}$ ).
4. Показатели модернизации и реконструкции оборудования и обеспечение их выполнения ( $X_4$ ).	Анализ системы коэффициентов технического состояния оборудования	1) коэффициент износа (или годности) ( $X_{41}$ ); 2) коэффициент обновления ( $X_{42}$ ); 3) коэффициент замены ( $X_{43}$ ); 4) коэффициент модернизации ( $X_{44}$ ).

4. показатели модернизации и реконструкции оборудования и обеспечение их выполнения.<sup>4</sup>

В свою очередь каждая из представленных групп включает в себя целый набор показателей (см. табл. 1).

Шаг 2. Определим лингвистические переменные и нечеткие подмножества, необходимые для проведения оценки. Так как оценка интегрального показателя производится по нескольким техническим показателям, то сначала с помощью теории нечетких множеств будет оценен каждый показатель ( $X_{ij}$ ), а потом будет произведена их свертка в интегральный показатель. Поэтому введем две лингвистические переменные с соответствующими терм-множествами (см. табл. 2).

Шаг 3. Сопоставим каждому показателю  $X_{ij}$  уровень его значимости  $r_i$ , необходимый для композиции интегрального показателя. На наш взгляд каждый из показателей  $X_{ij}$  в каждой группе показателей имеет примерно одинаковую значимость, отражая разные характеристики анализируемого объекта. Однако значимость групп показателей отличается друг от друга. Если проранжировать группы показателей по степени убывания их значимости с точки зрения влияния на конечный результат деятельности предприятия, то получится следующая последовательность: показатели качества применяемых сырья, материалов, комплектующих (реализуемых товаров, работ, услуг); показатели возможностей производственного оборудования; показатели модернизации и реконструкции оборудования; показатели рациональности применения сырья, материалов и комплектующих.

Таблица 2

**Терм-множества значений лингвистических переменных**

Лингвистическая переменная $IP_i$ – уровень инновационного потенциала	Терм-множество
IP-1	Нечеткое подмножество «незначительный уровень или полное отсутствие инновационного потенциала»
IP-2	Нечеткое подмножество «низкий уровень инновационного потенциала»
IP-3	Нечеткое подмножество «средний уровень инновационного потенциала»
IP-4	Нечеткое подмножество «высокий уровень инновационного потенциала»
IP-5	Нечеткое подмножество «пределный уровень инновационного потенциала»
Лингвистическая переменная $L_i$ – уровень значения показателя $X_{ij}$	Терм-множество
L-1	Нечеткое подмножество «очень низкий уровень показателя $X_{ij}$ »
L-2	Нечеткое подмножество «низкий уровень показателя $X_{ij}$ »
L-3	Нечеткое подмножество «средний уровень показателя $X_{ij}$ »

<sup>4</sup> См.: Копылов А.В. Формирование и оценка стратегических ресурсов предприятий. / А.В. Копылов, О.А. Ломовцева, Р.П. Харебава – Волгоград: Перемена, 2002.

L-4	Нечеткое подмножество «высокий уровень показателя $X_{ij}$ »
L-5	Нечеткое подмножество «очень высокий уровень показателя $X_{ij}$ »

Значимость каждого показателя из ранжированного ряда определяется по правилу Фишберна и представлена в таблице 3:

$$r_i = \frac{2 * (N - i + 1)}{(N + 1) * N}$$

где  $N$  – количество показателей в ранжированном ряду;

$i$  – порядковый номер показателя в ранжированном ряду.

Таблица 3

**Значимости показателей оценки**

Показатель	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
Значимость	0,3	0,4	0,1	0,2

Шаг 4. Построим классификатор текущего значения технической составляющей инновационного потенциала  $ip$  как критерий разбиения данного множества на нечеткие подмножества. Этот классификатор является стандартным пятиуровневым классификатором на 01-носителе, представленным А. О. Недосекиным в своих работах.<sup>5</sup> Кратко опишем данный классификатор. В классификаторе в качестве носителя лингвистической переменной выступает отрезок вещественной оси  $[0; 1]$  (01-носитель). Данный отрезок универсален, так как любой отрезок вещественной оси может быть сведен к отрезку  $[0; 1]$ . Для описания вида подмножеств терм-множества введем систему из пяти функций принадлежности, характеризующих степень принадлежности отрезка значений 01-носителя заданному подмножеству (табл. 4).

Таблица 4

**Классификация степени инновационного потенциала**

Интервал значений $ip$	Классификация уровня параметра	Функция принадлежности
$0 \leq ip \leq 0,15$	IP-1	1
$0,15 < ip < 0,25$	IP-1	$\mu_1 = 0 * (0,3 - p)$
	IP-2	$\mu_2 = 1 - \mu_1$
$0,25 \leq ip \leq 0,35$	IP-2	1
$0,35 < ip < 0,45$	IP-2	$\mu_2 = 0 * (0,3 - p)$
	IP-3	$\mu_3 = 1 - \mu_2$
$0,45 \leq ip \leq 0,55$	IP-3	1

<sup>5</sup> Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к финансовому анализу предприятий / А. О. Недосекин, О. Б. Максимов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vmggroup.sp.ru> (дата обращения 20.09.2010)

0,55 < ip < 0,65	IP-3	$\mu_3 = 0 * (0,6 - p)$
	IP-4	$\mu_4 = 1 - \mu_3$
0,65 ≤ ip ≤ 0,75	IP-4	1
0,75 < ip < 0,85	IP-4	$\mu_4 = 0 * (0,8 - p)$
	IP-5	$\mu_5 = 1 - \mu_4$
0,85 ≤ ip ≤ 1	IP-5	1

Графически совокупность функций принадлежности термина будет выглядеть так, как представлено на рис. 3. На графике изображены трапециевидные функции принадлежности, где по оси ординат обозначены значения функций принадлежности (от 0 до 1), а по оси абсцисс представлены термы. При этом верхнее основание трапеции соответствует абсолютной уверенности эксперта в правильности своей классификации, а нижнее основание характеризует уверенность в том, что никакие другие значения интервала (0; 1) не попадают в выбранное нечеткое подмножество. Боковые грани трапеций отражают колебание суждения эксперта (группы экспертов) о принадлежности конкретного отрезка на 01-носителе к тому или иному терму. Создание системы нечетких подмножеств предполагает введение набора узловых точек, которые являются абсциссами середин верхних оснований трапеций классификатора. В данном случае имеем 5 узловых точек: {0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9}.

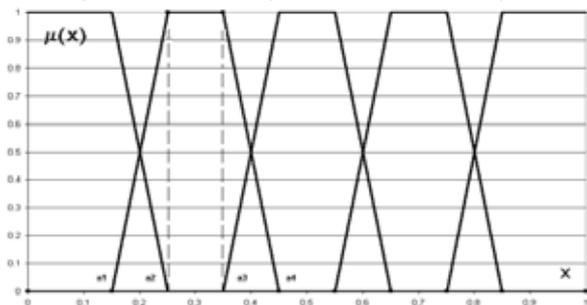


Рис. 3. Трапециевидные функции принадлежности  $\mu(x)$

Шаг 5. Создадим систему классификаторов значений показателей  $X_{ij}$  как критерий разбиения полного множества их значений на нечеткие подмножества вида L. Так как показатели  $X_{ij}$  являются индивидуальными для каждого предприятия, то нечеткие множества их значений не обязательно должны быть равны между собой и симметричны. Для построения классификаторов значений показателей  $X_{ij}$  необходимо исследовать их частотное распределение в фактических интервалах их появления. На рис. 4 представлены частоты распределения коэффициента износа основных средств одного из ведущих предприятий отрасли черной металлургии. Период исследования показателя – с 2005 г. по 2009 г. включительно.

Создание классификатора начинается с определения значений показателя, которые можно назвать «средними». Очевидно, что интервал значений показателя, частота попадания в который наивысшая содержит в себе среднее значение показателя. Кроме того, необходимо

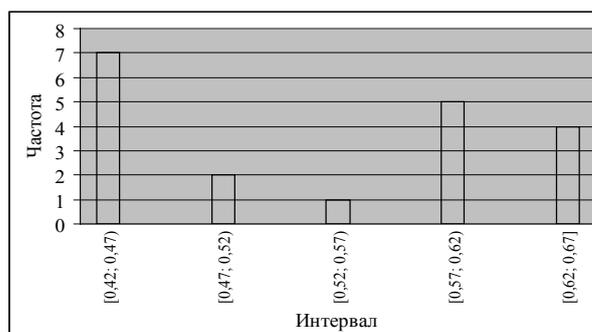


Рис. 4. Частоты распределения значений коэффициента износа основных средств предприятия отрасли черной металлургии

учитывать, что среднее значение показателя находится близко к медиане распределения. Поэтому средним будет являться то значение показателя, которое в наибольшей степени приближено как к интервалу с наивысшей частотой, так и к медиане распределения значений показателя. В нашем случае имело место монотонное убывание коэффициента износа, что привело к поляризации частот распределения показателя. В результате среднее значение показателя содержит серединный интервал, равноудаленный от интервалов значений с наивысшими частотами распределения. Далее, исходя из частот распределения показателя, находящихся справа и слева от интервала содержащего серединный отрезок, определяются экспертным путем интервальные значения показателя для оставшихся терм. Необходимо отметить, что так как наивысшие частоты распределения значений исследуемого показателя наблюдаются в первом и четвертом интервалах, то терм-множество «среднее значение показателя» будет иметь наибольшие отрезки неопределенности из всех выделенных множеств. Полученная классификация по каждому показателю и подмножеству терм-множества описывается четырьмя T-числами:

$$(a_1, a_2, a_3, a_4)'$$

где  $a_1, a_4$  – абсциссы нижнего основания трапециевидной функции принадлежности;

$a_2, a_3$  – абсциссы верхнего основания трапециевидной функции принадлежности.

Классификация текущих значений показателей коэффициента износа представлена в таблице 5.

После подготовительных действий следует непосредственно этап оценки экономического показателя. Данный этап состоит из четырех частей.

Таблица 5

**T-числа для значений коэффициента износа основных средств предприятия отрасли черной металлургии**

Значение лингвистической переменной $L_i$				
«очень низкий» (-∞; -∞;	«низкий» (0,42;	«средний» (0,47;	«высокий» (0,51;	«очень высокий» (0,65; 0,67;
0,42; 0,43)	0,43;	0,52;	0,62;	+∞; +∞)
	0,47;	0,57;	0,65;	
	0,52)	0,62)	0,67)	

Шаг 1. Рассчитаем уровни показателей  $X_j$  конкретного предприятия.

Шаг 2. Проведем распознавание значений технических показателей предприятия по критерию  $\lambda_j$ , характеризующего уровень принадлежности конкретного значения технического показателя нечетким подмножествам терм-множества. Значение критерия  $\lambda_j$  для построенной модели оценки заключается в том, что он приводит в сопоставимый вид значения исследуемых показателей, соотнося их с конкретными значениями 01-носителя. Значения критерия  $\lambda_j$  лежат в интервале [0; 1]. Критерий  $\lambda_j$  рассчитывается следующим образом:

$$\lambda_j = 1 - \frac{X_j - a_3^*}{a_4^* - a_3^*},$$

где  $a_3^*$ ,  $a_4^*$  - Т-числа  $i$ -го подмножества терм-множества, к которому приблизительно относится исследуемый показатель.

Шаг 3. Создадим интегральный показатель оценки технической составляющей инновационного потенциала предприятия ( $\dot{p}$ ) путем двойной свертки результатов оценки финансовых показателей:

$$\dot{p} = \sum_{i=1}^N r_i \sum_{j=1}^5 \dot{p}_j * \lambda_j,$$

где  $r_i$  - значимость  $i$ -ой группы технических показателей, определенная на шаге 3 первого этапа модели;

$\dot{p}_j$  - узловые точки 01-носителя.

Шаг 4. На основе численного значения интегрального показателя произведем его лингвистическую интерпретацию с определением уровня принадлежности значения показателя к конкретному терму. В данном случае порядок работы будет аналогичен шагу 2 текущего этапа модели. В результате вычисления  $\lambda_j$  для интегрального показателя на основе классификатора текущих значений

показателя, рассчитанного в шаге 4 первого этапа, мы получаем лингвистическую интерпретацию текущего значения технической составляющей инновационного потенциала предприятия и показатель уверенности эксперта в подобной интерпретации показателя.

Основным результатом данной работы является создание эффективной модели оценки технических возможностей предприятия для постоянного внедрения как улучшающих, так и базовых инноваций. Особенностью данной работы является применение в построенной модели нетрадиционного метода оценки экономических показателей, основанного на теории нечетких множеств. Главное преимущество использования теории нечетких множеств в построенной модели заключается в возможности учета фактора неопределенности при построении модели оценки, что повышает достоверность и качество принимаемых стратегических решений в области инноваций.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде; пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
2. Копылов А.В. Формирование и оценка стратегических ресурсов предприятий. / А.В. Копылов, О.А. Ломовцева, Р.П. Харебава – Волгоград: Перемена, 2002.
3. Недосекин А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами / А. О. Недосекин // Аудит и финансовый анализ. – 2000. – № 2. – С. 137–160.
4. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к финансовому анализу предприятий / А. О. Недосекин, О. Б. Максимов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vmggroup.sp.ru>
5. Трифилова А. А. Анализ инновационного потенциала предприятия / А. А. Трифилова // Инновации. – 2003. – № 6. – С. 67–72

УДК 519.23  
ББК У65

Дзедик Валентин Алексеевич

аспирант кафедры мировой экономики и экономической теории,  
Волгоградский государственный технический университет,  
руководитель филиала Ассоциации по сертификации «Русский Регистр» в г. Волгограде.  
E-mail: vdz@mail.ru

### Повышение результативности систем менеджмента качества на основе инструментальных средств поддержки принятия решений. Improvement of the effectiveness of quality management systems based on tools of decision support systems.

В статье рассматривается возможность применения систем поддержки принятия решений для повышения результативности систем менеджмента качества. Проанализированы современные проблемы развития систем менеджмента качества и пути их решения. Выявлены приоритетные тенденции развития инструментов инжиниринга качества. Приведена обобщенная классификация систем поддержки принятия решений. Произведен выбор оптимальной архитектуры такой системы исходя из специфики рассматриваемой проблемы. Рассмотрены основополагающие формулы регрессионного анализа, выбранного в качестве базы мате-

матического аппарата системы поддержки принятия решений. Выявлены преимущества от применения данной системы на современных предприятиях.

The article is devoted to the possibility of the application of decision support systems in order to improve the effectiveness of quality management systems. Contemporary development problems of quality management systems and ways of its solution are analysed. The author discusses priority trends for development of contemporary quality engineering tools. There is a general classification of decision support systems. The selection of optimal architecture of such a system based