

УДК 621.001.76

**В.А. ПАВЛОВА,**

*доктор экономических наук, профессор,  
проректор Днепропетровского университета  
имени Альфреда Нобеля*

**В.Г. МЯЧИН,**

*кандидат технических наук, доцент  
Днепропетровского университета  
имени Альфреда Нобеля*

**А.Г. ЖУКОВА,**

*аспирант  
Днепропетровского университета  
имени Альфреда Нобеля*

---

## ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДОМ НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ

*Усовершенствованы методологические подходы к оценке инновационного потенциала методом нечетких множеств. Проведена оценка инновационного потенциала с помощью FIS-структуры нечёткого вывода. Использована 10-балльная шкала для определения низкого, достаточного и высокого уровней инновационного потенциала. Построена поверхность отклика с помощью Serface Viewer для подтверждения зависимости выходной (инновационного потенциала) и входных переменных.*

**Ключевые слова:** *инновационный потенциал, методы оценки, инновационное развитие, машиностроительное предприятие, нечеткие множества.*

**Введение.** Инновационное развитие предприятий является важным процессом, благодаря которому может быть обеспечена стабильность национальной экономики. Нарастания темпов и масштабов производства, повышения качества продукции недостаточно для достижения конкурентного преимущества на рынке. Одним из основных условий формирования конкурентоспособной стратегической перспективы предприятия может стать его инновационная активность.

При этом, кроме осознания необходимости внедрения инноваций, предприятиям необходимы инструменты мониторинга инновационного развития и методики оценки инновационного потенциала.

Аналитический обзор публикаций по данной проблематике показал многозначность определения категории «инновационный потенциал», связанной с рассмотрением ее отдельных сторон, выступающих в качестве объекта исследования, в частности, развития, усовершенствования, модернизации материально-технической базы. Решение вопросов модернизации производства связано с применением соответствующих методов оценки инновационных проектов. Выбор методов основан на унификации инструментов, удобных в применении, аналитиками, экспертами, руководителями, проводящими оценку.

В зарубежной и отечественной литературе представлено большое количество методов проведения оценки эффективности инновационного развития, в

том числе инновационного потенциала. Наиболее распространенные из них традиционные методы не учитывают специфику инновационного характера, из-за чего предлагаемая методика проведения анализа и набор показателей (прогнозируемых, текущих или ретроспективных) для расчета и изучения не всегда являются эффективными. Новаторы по несколько лет не могут привлечь необходимые инвестиционные ресурсы в связи с отсутствием эффективного инструментария экономического обоснования, экспресс-диагностики эффективности инновационных предложений.

Классическая логика используемых методов имеет определенные недостатки: во-первых, она не учитывает всего множества возможных значений изучаемого признака; во-вторых, она становится неэффективной в случае, если входная информация – разнородная, плохо структурированная или противоречивая; в-третьих, такая логика имеет существенные ограничения в области применения; в-четвертых, полученные результаты, чаще всего, учитывают субъективность оценки.

Такие ограничения особенно актуальны в случае анализа инновационных проектов, являющихся по определению уникальными. Они не укладываются в рамки жесткого логического анализа, что и требует применения более гибких инструментов оценки. Проблему оценки инновационных проектов может решить адаптация элементов теории нечеткой логики.

Вопросы инновационного менеджмента, инноваций, инновационного потенциала, характера их адаптации рассматриваются в работах Т. Брайана, Ф. Котлера, М. Крауфорда, П. Майерса, О. Митяковой, Н. Семенковой, Е. Станиславик, М. Сураевой, Э. Уткина, Р. Фатхутдинова, Р. Хендерсона, Й. Шумпетера и др.

В то же время неопределенность конкурентной среды требует современного инструментария оценки инновационного потенциала с использованием качественных и количественных показателей. Указанные проблемы могут быть решены с помощью использования для исследований возможностей математического аппарата современных моделей, в частности, интеграции в них аппарата работы с нечеткой логикой, что позволяет ускорить процесс принятия решения о реализации инновационного проекта.

**Целью работы** является усовершенствование методологического подхода к оценке инновационного потенциала предприятия на основе теории нечетких множеств.

**Изложение основного материала.** Инновационное развитие предприятий является важным процессом, благодаря которому может быть обеспечена стабильность национальной экономики, в том числе за счет инновационного потенциала.

Аналитический обзор публикаций подтверждает многозначность определения категории «инновационный потенциал», связанную с рассмотрением отдельных сторон категории, выступающих в качестве объекта исследования, в частности развития, усовершенствования, модернизации материально-технической базы предприятий.

В процессе исследования будет использовано определение инновационного потенциала как системного показателя, характеризующего степень готовности и способности предприятия к выпуску конкурентоспособной инновационной продукции.

Важным является определение места инновационного потенциала в потенциале предприятия и взаимосвязи его с другими потенциалами (рис. 1).

Одной из задач оценки инновационного потенциала является определение состава оценочных показателей, поскольку от этого зависит объективность оценки при условии достаточного числа количественных показателей.

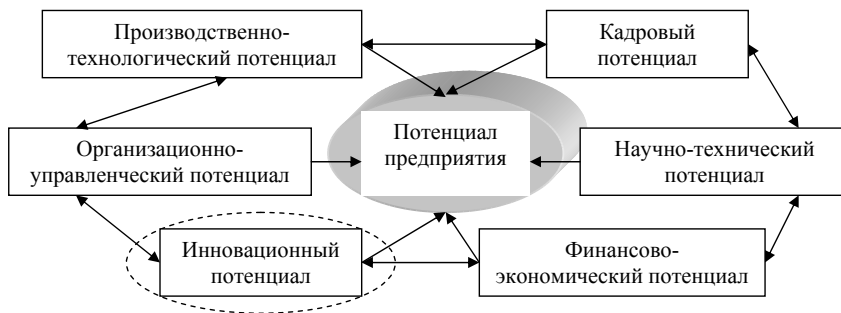


Рис. 1. Инновационный потенциал в системе потенциала предприятия

Наука и практика предлагают достаточно методик оценки инновационного потенциала предприятия, отличающихся набором показателей, имеющих различную размерность. Так, М. Сураева [1] предлагает общую оценку инновационного потенциала (ИП) производить исходя из балльной оценки частных показателей по формуле:

$$ИП = \sum_{i=1}^n q_i \sum_{a=1}^t q_a R_a, \quad (1)$$

где  $q_i$  – коэффициенты значимости общих показателей (составляющие инновационного потенциала);

$n$  – число общих показателей;

$q_a$  – коэффициенты значимости частных показателей;

$R_a$  – индексы частных показателей.

О. Митякова [2] для количественной оценки ИП предлагает ввести двоичную систему для нормирования разноразмерности частных показателей, на основе которых рассчитывается общий уровень инновационного потенциала предприятия, что позволяет определить его рейтинг среди совокупности отраслевых предприятий:

$$n = 2^{\frac{a}{b}}, \quad (2)$$

где  $n$  – оцениваемый коэффициент;

$b$  – один из показателей инновационного потенциала предприятия;

$a$  – данные об эталонном объекте (соответствующий показатель, усредненный по группе предприятий или значение этого показателя в базовом году).

По мнению ряда авторов [3], оценку инновационного потенциала предприятия как интегральной системной характеристики можно провести по расчету инновационной восприимчивости, инновационной активности и конкурентоспособности.

Любая из приведенных методик имеет право на существование, но, по нашему мнению, в случае применения традиционных подходов, более целесообразно использовать системно-диагностический подход. В основу положен метод экспертных оценок с условием, что при анализе наиболее важных параметров (финансово-экономических) будут рассчитаны коэффициенты:

$$IP = \sum_{i=1}^n k_i R_i, \quad (3)$$

где  $IP$  – инновационный потенциал предприятия;

$n$  – число составляющих инновационного потенциала предприятия;

$R_i$  –  $i$ -я составляющая инновационного потенциала предприятия;  
 $k_i$  – весовой коэффициент  $i$ -й составляющей инновационного потенциала,  
 определяемый экспертным путем (при этом  $\sum_{i=1}^n k_i = 1$ ).

В общем виде этапы и цели оценки инновационного потенциала по такому подходу представлены на рис. 2.

Одним из наиболее перспективных направлений научных исследований в области анализа, прогнозирования и моделирования экономических явлений и процессов является нечеткая логика, с помощью которой в дальнейшем исследовании будет проведена оценка инновационного потенциала машиностроительного предприятия.

Механизм нечеткого логического вывода включает четыре этапа [4]: введение нечеткости (фазификация), нечеткий вывод, композиция и приведение к четкости, или дефазификация (рис. 3).

Фазификатор преобразует точное множество входных данных в нечеткое множество, определенное с помощью функции принадлежности, а дефазификатор решает обратную задачу – формирует однозначное решение относительно входной переменной на основании многих нечетких выводов, вырабатываемых исполнительным модулем нечеткой системы.

Алгоритмы нечеткого вывода различаются, главным образом, видом используемых правил, логических операций и разновидностью метода дефазификации. В статье будут рассмотрены наиболее часто используемые модели Мамдани и Сугено [5] на примере зависимости уровня инновационного потенциала от составляющих его элементов. Интерпретация нечеткой модели предполагает выбор и спецификацию входных и выходных переменных соответствующей системы нечеткого вывода.

Оценка инновационного потенциала будет проводиться с помощью FIS-структуры нечеткого вывода (Fuzzy Inference System), которая является базовым понятием модуля *Fuzzy Logic Toolbox*.

Инновационный потенциал (ИннП) будет рассматриваться как совокупность материально-технического потенциала (МТП) и интеллектуального потенциала (ИнтП). Материально-технический потенциал и интеллектуальный потенциал будут оцениваться по 10-балльной шкале (0–4,9 баллов – низкий уровень, 5–7,9 баллов – достаточный уровень, 8–10 баллов – высокий уровень потенциала). При этом воспользуемся рекомендациями [6]: при оценке интеллектуального потенциала в 5–10 баллов, не зависимо от материально-технического потенциала, предприятие имеет достаточный уровень интеллектуального потенциала; при оценке материально-технического потенциала в 5–10 баллов, не зависимо от интеллектуального потенциала, предприятие имеет достаточный уровень материально-технического потенциала. При оценке интеллектуального и материально-технического потенциала в 8–10 баллов предприятие характеризуется высокой степенью инновационного потенциала (на таком предприятии возможна инновационная деятельность в виде разработки собственных инноваций, внедрения инноваций, разработанных другими и т.п.).

Для расчетов введены следующие исходные данные:

$x_1$  – первая входная переменная «материально-технический потенциал» (потенциал основных средств и потенциал оборотных активов машиностроительного предприятия). Ее терм-множество, т.е. множество значений, обозначается как  $T_1 = \{\text{«низкий»}, \text{«средний»}, \text{«высокий»}\}$ , или в символическом виде  $T_1 = \{X_{1,1}, X_{1,2}, X_{1,3}\}$  с функциями принадлежности термов (рис. 4);

$x_2$  – вторая входная переменная «интеллектуальный потенциал» (потенциал нематериальных, маркетинговых, управленческих и трудовых ресурсов машиностроительного предприятия). В качестве ее терм-множества будет исполь-

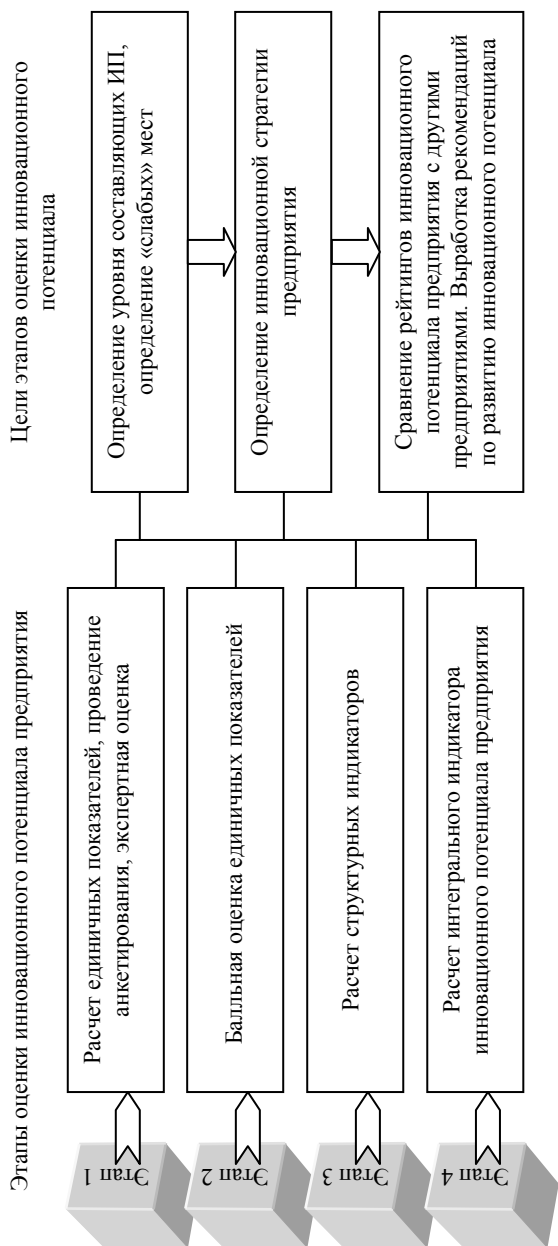


Рис. 2. Этапы и цели оценки инновационного потенциала предприятия

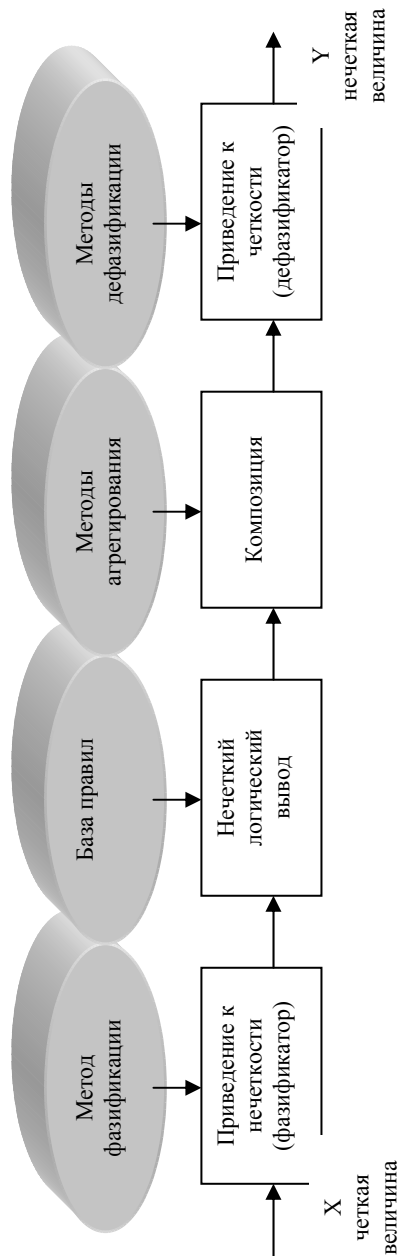


Рис. 3. Система нечеткого логического вывода

зываются аналогичное множество  $T_2 = \{\text{«низкий»}, \text{«средний»}, \text{«высокий»}\} = \{X_{2,1}, X_{2,2}, X_{2,3}\}$  с функциями принадлежности термов (рис. 5). Для входных переменных  $X_1$  и  $X_2$  использованы гауссовы функции принадлежности с целью получения непрерывно дифференцируемых гиперповерхностей отклика нечёткой модели;

$y$  – «инновационный потенциал» машиностроительного предприятия (выходная переменная). В качестве терм-множества выходной переменной будет использоваться множество  $T_3 = \{\text{«низкий» (Н)}, \text{«достаточный интеллектуальный потенциал» (ДИнтП)}, \text{«достаточный материально-технический потенциал» (ДМТП)}, \text{«достаточный инновационный потенциал» (Д)}, \text{«высокий интеллектуальный потенциал» (ВИнтП)}, \text{«высокий материально-технический потенциал» (ВМТП)}, \text{«высокий инновационный потенциал» (В)}\}$  или в символическом виде  $T_3 = \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7\}$ .

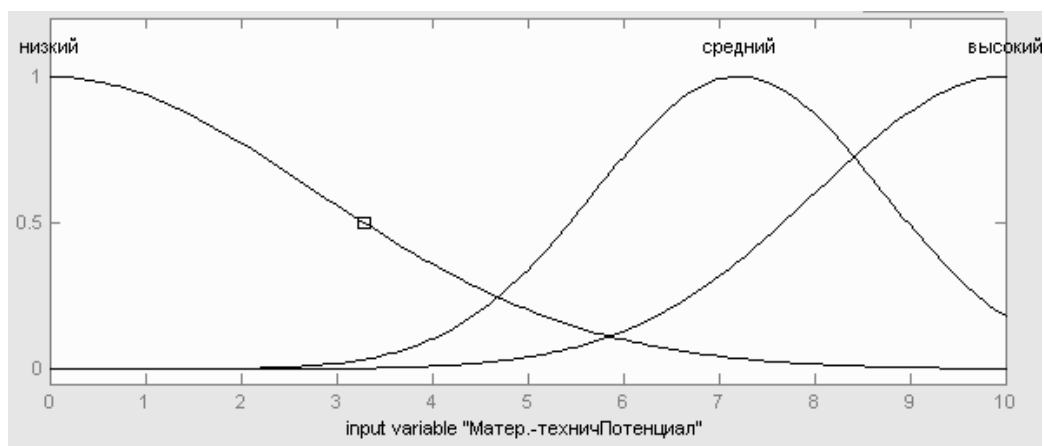


Рис. 4. График функции принадлежности для входной лингвистической переменной «материально-технический потенциал»

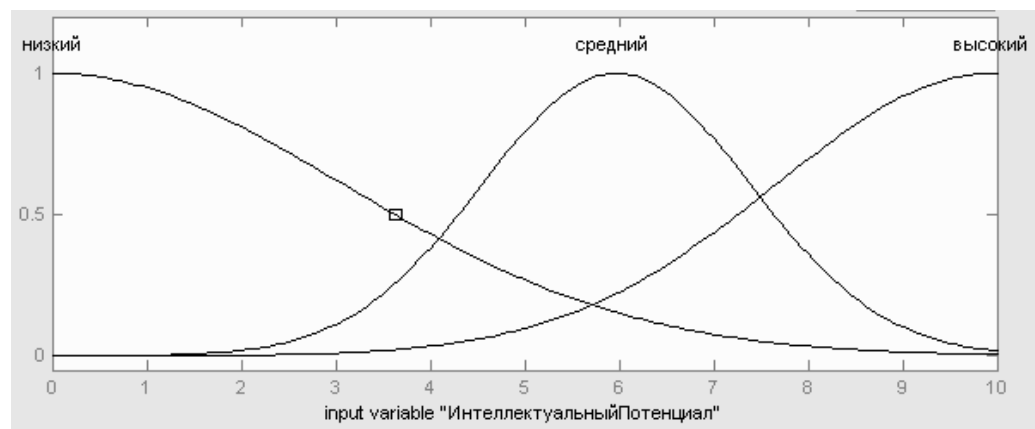


Рис. 5. График функции принадлежности для входной лингвистической переменной «интеллектуальный потенциал»

Представленной информации достаточно для проектирования нечеткой экспертной системы. Такая система будет иметь два входа (условное название «материально-технический потенциал» и «интеллектуальный потенциал»), один выход («инновационный потенциал»), девять правил типа «если...,то» (в соответствии с девятью приведенными предложениями) и девять значений для центров функции выхода.

Следующим этапом построения нечеткой модели является построение базы правил. В нашем случае имеем девять следующих правил:

IF  $x_1$  IS  $X_{1,1}$  AND  $x_2$  IS  $X_{2,1}$  THEN  $y$  IS  $Y_1$ ;  
 IF  $x_1$  IS  $X_{1,2}$  AND  $x_2$  IS  $X_{2,1}$  THEN  $y$  IS  $Y_3$ ;  
 IF  $x_1$  IS  $X_{1,3}$  AND  $x_2$  IS  $X_{2,1}$  THEN  $y$  IS  $Y_6$ ;  
 IF  $x_1$  IS  $X_{1,1}$  AND  $x_2$  IS  $X_{2,2}$  THEN  $y$  IS  $Y_2$ ;  
 IF  $x_1$  IS  $X_{1,2}$  AND  $x_2$  IS  $X_{2,2}$  THEN  $y$  IS  $Y_4$ ;  
 IF  $x_1$  IS  $X_{1,3}$  AND  $x_2$  IS  $X_{2,2}$  THEN  $y$  IS  $Y_7$ ;  
 IF  $x_1$  IS  $X_{1,1}$  AND  $x_2$  IS  $X_{2,3}$  THEN  $y$  IS  $Y_5$ ;  
 IF  $x_1$  IS  $X_{1,2}$  AND  $x_2$  IS  $X_{2,3}$  THEN  $y$  IS  $Y_8$ ;  
 IF  $x_1$  IS  $X_{1,3}$  AND  $x_2$  IS  $X_{2,3}$  THEN  $y$  IS  $Y_9$ .

Построим систему, используя алгоритм вывода Мамдани (правила логического вывода в своих консеквентах (в правой части) содержат нечеткие значения (функции принадлежности)). Функции принадлежности термов изображены на рис. 6.

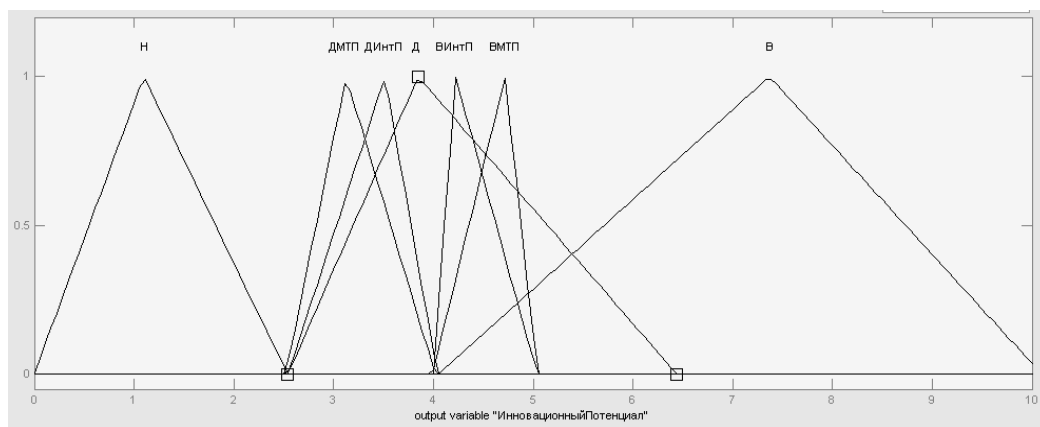


Рис. 6. Графики функций принадлежности для термов лингвистической переменной в модели Мамдани

Нечеткое моделирование в среде MatLab осуществляется с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox [7].

Оценка инновационного потенциала предприятия по нечеткому выводу Мамдани с помощью агрегирования нечетких правил при двух входных переменных  $x_1$ ,  $x_2$  представлена на рис. 7 (логическое произведение (оператор *min*), агрегирование импликаций, касающихся правил, проводится с использованием логической суммы (оператор *max*)).

С учетом того, что каждое правило модели Мамдани имеет определенную степень выполнения, произведены вычисления, позволившие при нескольких элементах области определения с максимальным значением степени при-

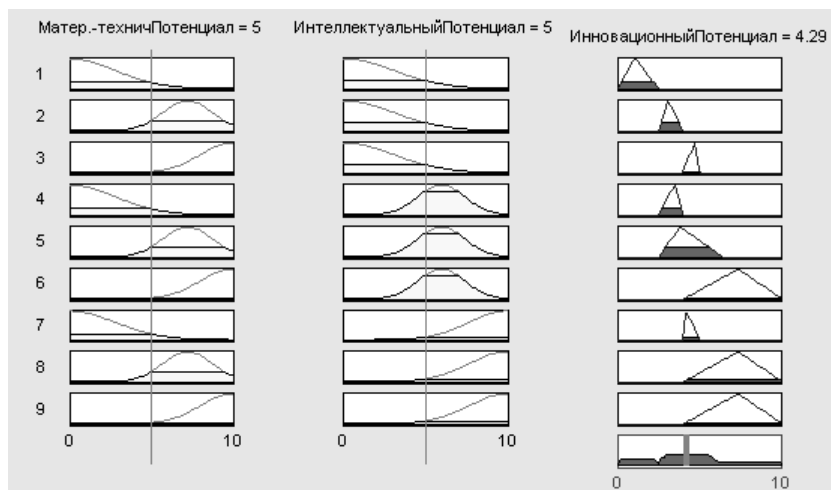


Рис. 7. Реализация нечёткого вывода Мамдани в пакете MatLab для оценки инновационного потенциала машиностроительного предприятия

надлежности выбрать усредненное значение максимумов («mean of maxima», MOM):

$$y^* = \sum_{m=1}^M \frac{y_m}{M}. \quad (4)$$

Построенная модель нечёткого вывода позволяет, задавая значения материально-технического и интеллектуального потенциалов, оценивать уровень инновационного потенциала. Подтверждением зависимости выходной переменной (инновационного потенциала) и входных переменных служит множество его значений в виде поверхности отклика, построенной с помощью Surface Viewer (рис. 8).

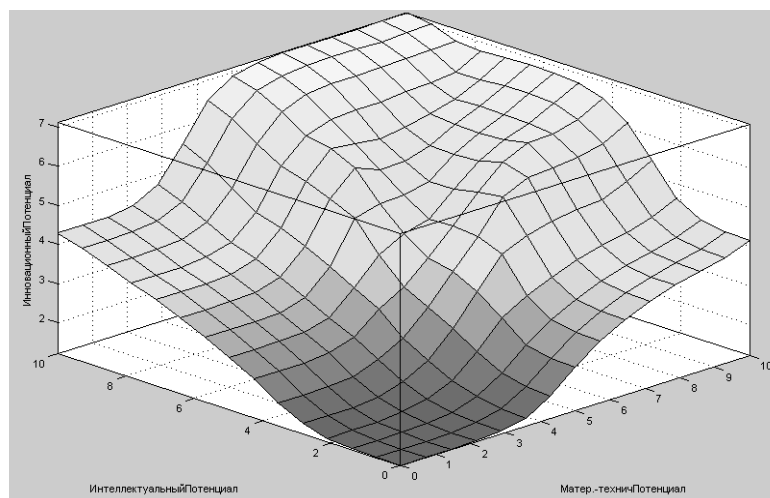


Рис. 8. Зависимость инновационного потенциала машиностроительного предприятия от входных переменных (МТП и ИнТП)



Таким образом, визуализация поверхности «входы–выходы» позволяет определить, что при максимальном значении интеллектуального потенциала и достаточном (или высоком) значении материально-технического потенциала инновационный потенциал достигает максимально возможного уровня. В то же время, при максимальном значении материально-технического потенциала и достаточном (или высоком значении) интеллектуального потенциала уровень инновационного потенциала не достигает максимального уровня.

**Выводы.** В работе установлено, что для оценки инновационного потенциала машиностроительного предприятия наиболее эффективными являются методы теории нечетких множеств. Они позволяют описывать качественные характеристики, которые сложно или невозможно задать количественно. Разработана нечётко-логическая модель оценки инновационного потенциала машиностроительного предприятия.

Дальнейшие разработки авторов в этом направлении будут посвящены усовершенствованию модели нечёткого вывода в аспекте подбора и обоснования функций принадлежности.

#### Список использованной литературы

1. Сураева М.О. Концептуальные основы формирования инновационного потенциала в системе народно-хозяйственного комплекса / М.О. Сураева // Экономические науки. – 2011. – № 3. – С. 125–130.
2. Митякова О.И. Оценка инновационного потенциала промышленного предприятия / О.И. Митякова // Финансы и кредит. – 2004. – № 13. – С. 69–74.
3. Семенкова Н.С. Формирование стратегии инновационного развития промышленного предприятия / Н.С. Семенкова // Экономика и финансы. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2008. – № 1. – С. 160–162.
4. Нургалиева Ш.М. Проблемы оценки инновационного потенциала предприятия / Ш.М. Нургалиева // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В.И. Вернадского. – 2008. – Т. 1, № 1 (11). – С. 238–243.
5. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
6. Модели систем управления, использующих нечеткую логику [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://revolution.allbest.ru/emodel/00221820\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/emodel/00221820_0.html)
7. Станиславик Е.В. Модель оценки инновационного потенциала промышленного предприятия / Е.В. Станиславик, А.Б. Свиная // Труды Одесского политехнического университета. – 2008. – Вып. (29). – С. 292–297.
8. Андрейчикова А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейчикова, О.Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
9. Штовба С.Д. Проектирование нечётких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

*Удосконалено методологічні підходи до оцінки інноваційного потенціалу методом нечітких множин. Проведено оцінку інноваційного потенціалу за допомогою FIS-структури нечіткого виводу. Використано 10-бальну шкалу для визначення низького, достатнього та високого рівнів інноваційного потенціалу. Побудовано поверхню відгуку за допомогою Surface Viewer для підтвердження залежності вихідної (інноваційного потенціалу) та вхідних змінних.*

**Ключові слова:** *інноваційний потенціал, методи оцінки, інноваційний розвиток, машинобудівне підприємство, нечіткі множини.*

*The methodological approaches to the estimation of innovative potential are improved on the basis of fuzzy sets method. The innovative potential was evaluated using FIS-structure of the fuzzy inference. 10-points scale was used to rank low, satisfactory and the high level of innovative potential. The response surface built confirms the dependence of the output (innovative potential) and the input variables with the help of the Surface Viewer are constructed.*

**Key words:** *innovative potential, evaluation methods, innovative development, machine-building enterprise, fuzzy sets.*

*Одержано 21.01.2013.*