



# Информационные и телекоммуникационные технологии в образовании

УДК 51-77

*М.А. Коваженков, М.В. Коротеев, Е.Е. Сидорова*

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ**

*М.А. Kovazhenkov, M.V. Koroteev, E.E. Sidorova*

### **APPLICATION OF COGNITIVE MODEL FOR THE ESTIMATION OF INNOVATIVE POTENTIAL OF HIGH SCHOOL**

---

В современных условиях вуз является основным поставщиком инноваций в производственную сферу, поэтому необходимо осуществлять мониторинг инновационной деятельности вуза с целью более эффективного использования его ресурсов. Рассмотрены вопросы применения когнитивных математических моделей для оценки инновационного потенциала вуза.

**ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВУЗА. КОГНИТИВНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ. СЕТИ БАЙЕСА. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА. ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА.**

In modern conditions, high school is a major provider of innovation in the manufacturing sector, so it is necessary to monitor the innovation of high school in order to make better use of its resources. The paper deals with the application of cognitive mathematical models to estimate the innovation potential of the university.

**THE INNOVATIVE POTENTIAL OF HIGH SCHOOL. COGNITIVE MATHEMATICAL MODELS. BAYESIAN NETWORKS. THE EFFECTIVENESS OF THE HIGH SCHOOL. THE ESTIMATION OF INNOVATIVE POTENTIAL.**

---

Современная рыночная экономика характеризуется преобладанием рынка знаний и информации над рынком материально-вещественных товаров и ресурсов. Система образования в целом и высшего профессионального образования в частности является одним из секторов национальной экономики, в котором формируется повышенный спрос на новые знания и технологии. Поэтому высшие учебные заведения сегодня имеют все возможности, чтобы стать центрами инновационной активности региональных экономик и Российской Федерации в целом.

Вуз сегодня — неотъемлемый элемент

национальной инновационной системы. Это обусловлено характером его продукции, поскольку он создает новшества во всех сферах своей деятельности. В сфере образования вуз готовит новых специалистов для деятельности в различных отраслях национальной экономики; в научном секторе разрабатывает и создает научную продукцию для ее использования в общественном производстве. Таким образом, вуз должен обладать значительным инновационным потенциалом, иначе он не сможет полноценно выполнять свои функции.

Развитие инновационной деятельности вузов направлено на создание условий для

развития экономики, основанной на знаниях. Эффективность экономики определяется степенью развития инновационных процессов, включающих как получение новых знаний, так и передачу их в производственный сектор экономики и в социальную сферу.

Учитывая все сказанное выше, очевидна актуальность оценки инновационного потенциала вуза и его подразделений с целью стимулирования развития инновационной активности и ориентации научных разработок на конечных потребителей.

В условиях возрастающего значения инновационной деятельности в экономическом развитии регионов требуется система показателей, которая позволяет оценивать не только количественные и качественные изменения, происходящие в инновационной сфере деятельности, но и осуществлять мониторинг ее влияния на экономику. Необходимо установление понятия инновационного потенциала вуза, его структуры, методики оценки, а также определение его влияния на инновационный потенциал региона.

Инновационный потенциал – это характеристика плотности потока нововведений, эффективности корпоративных НИОКР, скорости доведения новшеств до рынка, уровня технологического лидерства (или возможности следования за отраслевым или продуктовым лидером), обуславливающая синергию инновационной деятельности разных структурных подразделений [3].

Инновационный потенциал вузов, как считает ряд авторов, представляет собой системную совокупность взаимодействующих и взаимосвязанных инновационных ресурсов сектора высшей школы, необходимых в процессе осуществления инновационной деятельности с учетом их ограниченного характера и возможного (положительного или отрицательного) влияния на конечный результат деятельности, а также фактор реализации конкурентных преимуществ высшей школы, ее инвестиционно-инновационной привлекательности. К инновационным ресурсам могут относиться интеллектуальные, материальные, финансовые, информационные и иные ресурсы, которые могут быть

привлечены для организации инновационного процесса в высшей школе [2].

В экономической литературе понятие «инновационный потенциал» часто отождествляется с понятиями научного, интеллектуального, творческого и научно-технического потенциалов. Состояние инновационного потенциала вуза можно правильно оценить лишь в том случае, если инновационная деятельность рассматривается в неразрывном единстве с научно-технической и с образовательной деятельностью [5]. Наука, инновации и образование как подготовка квалифицированных кадров – это единая органическая система, без которой невозможно эффективное воплощение научных достижений вуза в экономику региона.

Инновационный потенциал вуза – это сложная категория, характеризующая способность системы к трансформации, развитию. С одной стороны, он является характеристикой существующих ресурсных возможностей, с другой, – отражает результативность процесса [4].

На сегодняшний день известны различные подходы к оценке инновационного потенциала:

1. Оценка инновационного потенциала по схеме ресурс – функция – проект. Сущность подхода заключается в оценке готовности организации к реализации одного нового проекта или оценке текущего состояния организации относительно всех или группы уже реализуемых проектов. В то же время не выделены критерии оценки инновационного потенциала, отсутствуют методы его расчета и не рассмотрены возможности практического использования данного подхода [1].

2. Оценка инновационного потенциала по показателям научно-исследовательской деятельности. Сущность подхода: инновационный потенциал рассмотрен как совокупность критериев, отражающих ресурсы организации, генерацию знаний и идей, управление и инфраструктуру. Особенность подхода заключается в экспертной оценке инновационного потенциала и его сравнении с инновационной активностью. В таком подходе проанализированы показатели

научно-исследовательской деятельности и не учтены результаты других сфер [1].

3. Оценка инновационного потенциала вуза как сложной системы, осуществляющей различные виды деятельности. Сущность подхода: инновационный потенциал рассмотрен как совокупность инновационных потенциалов трех сфер деятельности: образовательной, научно-технической и административно-управленческой. Предложена методика оценки инновационного потенциала по каждой сфере. Однако здесь нет единообразия в оценках, работа не апробирована на реальном примере [1].

Как видно из перечисленного выше, существуют различные подходы и методики к оценке инновационного потенциала высшей школы, но в основном они построены на результатах научно-исследовательской деятельности и не имеют единообразия в

оценках критериев. Все это говорит о необходимости разработки и принятия единой методики оценки инновационного потенциала вуза.

Инновационный потенциал вуза в общем случае можно рассматривать как сумму потенциалов его основных научно-инновационных подразделений (центров, институтов, кафедр, лабораторий и т. д.). Таким образом, возникает необходимость в разработке универсальной методики оценки инновационного потенциала научно-технической организации вуза с применением математических моделей.

Задача оценки инновационного потенциала вуза – слабоформализуемая задача, учитывающая большое количество различных по типу и содержанию факторов. Обобщающая оценка инновационного потенциала вуза является комплексной и

#### Система показателей, характеризующих деятельность вуза

Наименование показателя	Единицы измерения
<b>1. Эффективность научной деятельности</b>	
Объем финансирования проектов в научно-исследовательских, инновационных и внедренческих структурах, включая технопарки, бизнес-инкубаторы и т. п.	тыс. руб.
Численность студентов и аспирантов, привлекаемых на оплачиваемой основе к исследованиям в рамках деятельности инновационных структур	чел.
Общий объем научных исследований и разработок, гранты	тыс. руб.
Объем научных исследований и разработок, выполненных собственными силами	тыс. руб.
Патенты, полученные на разработки вуза	ед.
Внебюджетные средства, полученные вузом от физических лиц	тыс. руб.
<b>2. Качество преподавания</b>	
Контингент студентов, приведенный к очной форме обучения	чел.
Студенты очной формы обучения	чел.
Аспиранты	чел.
Докторанты	чел.
<b>3. Квалификация профессорско-преподавательского состава (ППС)</b>	
Лица, имеющие ученую степень доктора наук	чел.
Лица, имеющие ученую степень кандидата наук	чел.
Общее количество научно-педагогических кадров	чел.
Средняя заработная плата ППС/ средняя заработная плата в регионе	тыс. руб.
Публикационная активность ППС	ед.
<b>4. Инфраструктура инновационной деятельности</b>	
Балансовая стоимость машин и оборудования	тыс. руб.
Персональные компьютеры и компьютерные рабочие станции в вузе	ед.
Общее количество единиц хранения библиотечного фонда вуза	тыс. экз.

многоуровневой, она должна основываться на показателях, отражающих специфику вуза, его деятельности. В соответствии с данным подходом исходные показатели оценки инновационного потенциала объединены в группы исходя из традиционных функций вуза — научно-исследовательской, образовательной и инновационной. (см. табл.)

Считаем возможным для оценки инновационного потенциала вуза взять за основу систему обобщающих показателей, приведенных в Перечне показателей оценки эффективности деятельности федеральных государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования и их филиалов [7] и в других нормативных документах Министерства образования и науки РФ [6–9].

В настоящее время оценки любых параметров деятельности вуза, не имеющих явного натурального численного выражения, производятся исключительно экспертным путем [5]. Это накладывает ограничения на масштаб применения данных методик и на их объективность.

Представляется актуальным создание когнитивных моделей оценки эффективности деятельности и инновационного потен-

циала вуза на основе комплексной математической методики анализа деятельности вуза как совокупности ряда взаимодействующих процессов.

В настоящее время развитие математических методов в экономике позволяет создать модель, обладающую как математической точностью, так и графической наглядностью и восприимчивостью к экспертным суждениям, касающимся не частных показателей, а общих, таких, как вид взаимосвязи между несколькими комплексными факторами, влияющими на деятельность образовательного учреждения. Применение когнитивных карт в виде графических вероятностных моделей (сетей Байеса) представляется наиболее предпочтительным выбором для данного вида моделирования [10].

На рис. 1 приведен фрагмент укрупненной сети Байеса, моделирующей в динамике деятельность образовательного учреждения. Как видно, модель обладает изрядной наглядностью, что значительно облегчает как разработку и модификацию модели, так и ее взаимодействие с экспертами, вносящими необходимую информацию, что значительно повышает эффективность использования такого класса моделей.



Рис. 1. Укрупненная когнитивная карта функционирования высшего образовательного учреждения (фрагмент)

На данной схеме стрелками обозначены причинно-следственные связи между факторами, которые математически могут выражаться одним из следующих способов:

1. Функциональная зависимость

$$A = f(b \in Par(a)). \quad (1)$$

2. Статистическая зависимость

а)



б)



в)



г)



Рис. 2. Схема свертки частных показателей в интегральные индикаторы

$$P(A = a) = P(A = a | Par(A)). \quad (2)$$

3. Нечеткая качественная зависимость – качественный уровень данного показателя зависит от уровней родителей по таблице правил вывода вида «ЕСЛИ ... ТО ...».

Ряд факторов в данной схеме предлагается рассматривать как индикаторы, соответствующие разделам показателей таблицы. Оценка уровней данных индикаторов производится методом аддитивной свертки по частным численным показателям. Схема свертки показателей показана на рис. 2.

В такой сети полная вероятность  $P(C, T) = P(T|C) * P(C)$  выражается простейшим образом через произведение факторов  $C * T$ . Это верно и для более общего случая:

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | Par_G(X_i)), \quad (3)$$

где  $n$  – общее количество факторов;  $X_i$  –  $i$ -я переменная;  $Par(X_i)$  – множество родителей  $i$ -й переменной согласно графу  $G$ . Безусловную вероятность переменной  $t$  можно получить, маргинализовав переменную  $c$  из фактора  $T$ :  $P(T) = P(T|C) - c$ . Также и в общем случае,  $P(X_1, X_2, \dots, X_n | Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$ .

Достоинством сетей Байеса является универсальность. Единоразово сконструированная сеть может использоваться для вычисления любых корректных запросов на области ее определения, т. е. не нужно изменять конструкцию сети, чтобы выполнять запросы определенного вида. Запрос является корректным, если выполняются два условия:

- все переменные, входящие в множества наблюдений и запросов, входят в область определения сети  $Q \cup E \subseteq \text{score}(G)$ ;
- множества  $Q$  и  $E$  не пересекаются  $Q \cap E = \emptyset$ .

Итак, каждый запрос разбивает множество переменных области определения сети на три непересекающихся множества:  $Q$ ,  $E$  и  $H$ . Значение любого запроса к Байесовской сети на этих множествах может быть

вычислен только из фактора, представляющего распределение полной вероятности  $P(Q \cup E \cup H)$ .

Необходимо создание комплексной модели функционирования образовательного учреждения, учитывающей весь спектр процессов, протекающих в нем, и основанной на всей совокупности информации, описывающей эти процессы. В таком случае анализ частных вопросов, таких, как оценка инновационного потенциала, может быть представлен как определенного вида запрос к данной комплексной модели.

Нам представляется, что применение такого подхода к моделированию деятельности вуза позволит достичь большей точности анализа, а также большей гибкости при очевидной универсальности. По нашему мнению, дополнительный объем работ, связанный с анализом большего количества данных оправдывается приведенными преимуществами.

Предложенный нами подход к оценке инновационного потенциала на основе когнитивных моделей позволяет учесть современные особенности функционирования различных сфер деятельности вуза. Положенный в основу реализации метод когнитивного моделирования, основанный на вероятностных графах (сетях Байеса) позволяет выставить итоговую оценку состоянию уровня инновационного потенциала вуза, определить слабые стороны, устойчивость достигнутого состояния, а также перспективные направления его повышения. Данный подход может базироваться не только на качественных оценках экспертов, но и на количественных показателях эффективности деятельности вуза. Рассмотренный подход в силу его универсальности применим для оценки эффективности деятельности любой образовательной организации: института, академии, университета.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянов, С.Г. Интегрированная оценка инновационного потенциала вуза [Текст] / С.Г. Емельянов, Л.Н. Борисоглебская, Н.Е. Цуканова // Инновации. – 2006. – № 6. – С. 93–98.

2. Емельянов, С.Г. Экономический механизм стратегического управления развитием вуза: Монография [Текст] / С.Г. Емельянов. – М., 2007.

3. Инновационная экономика [Текст] / 2-е изд., испр. и доп. — М.: Наука, 2004.

4. **Коваженков, М.А.** Стратегические управленческие решения как фактор формирования инновационной стратегии вуза [Текст] / М.А. Коваженков. — Интеграл. — 2008. — №5. — С. 112–113.

5. **Краковецкая, И.В.** Оценка потенциала высших учебных заведений [Текст] / И.В. Краковецкая, Е.А. Монастырный, Н.О. Чистякова // Инновации. — 2010. — № 2. — С. 51–61.

6. Методика анализа качества подготовки выпускников учреждениями профессионального образования [Текст]. — Министерство образования и науки РФ, 2012.

7. Перечень показателей оценки эффективности деятельности федеральных государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования и их филиалов [Текст]. — Министерство образования и науки РФ, 2012.

8. О проведении мониторинга деятельности федеральных государственных учреждений высшего профессионального образования [Текст]/ Приложение к приказу Министерства образования и науки РФ от 3 августа 2012 г. № 583.

9. Об утверждении объявления о проведении конкурсного отбора образовательных учреждений высшего профессионального образования, внедряющих инновационные образовательные программы [Текст]/ Распоряжение Министерства образования и науки РФ от 15 марта 2006 г. № Р-5.

10. **Сидорова, Е.Е.** Оценка качества преподавания и его влияние на эффективность деятельности образовательного учреждения на основе математических моделей [Текст] / М.В. Коротеев, Е.Е. Сидорова // Методика преподавания экономических дисциплин: матер. XIV Друкеровских чтений, 21–22 марта 2013. — МГУ им. М.В. Ломоносова, Ин-т проблем управления, Ин-т экономики РАН. — М., 2013. — С. 133–138.

#### REFERENCES

1. **Emel'ianov S.G. Borisoglebskaia L.N., Tsukanova N.E.** Integrirovannai otsenka innovatsionnogo potentsiala vuza / Innovatsii. — 2006. — № 6. — S. 93–98. (rus)

2. **Emel'ianov S.G.** Ekonomicheskii mekhanizm strategicheskogo upravleniia razvitiem vuza: Monografiia. — Moscow, 2007. (rus)

3. Innovatsionnaia ekonomika; 2-e izd., ispr. i dop. — Moscow: Nauka, 2004. (rus)

4. **Kovazhenkov M.A.** Strategicheskie upravlencheskie resheniia kak faktor formirovaniia innovatsionnoi strategii vuza / Integral. — 2008. — № 5. — S. 112–113. (rus)

5. **Krakovetskaia I.V., Monastyrnyi E.A., Chistiakova N.O.** Otsenka potentsiala vysshikh uchebnykh zavedenii / Innovatsii. — 2010. — № 2. —S. 51–61. (rus)

6. Metodika analiza kachestva podgotovki vypusknikov uchrezhdeniyami professional'nogo obrazovaniya. — Ministerstvo obrazovaniya i nauki RF. —2012. (rus)

7. Perechen' pokazateley otsenki effektivnosti deyatel'nosti federal'nykh gosudarstvennykh obrazovatel'nykh uchrezhdeniy vysshego

professional'nogo obrazovaniya i ikh filialov. — Ministerstvo obrazovaniya i nauki RF. —2012. (rus)

8. O provedenii monitoringa deyatel'nosti federal'nykh gosudarstvennykh uchrezhdeniy vysshego professional'nogo obrazovaniya / Prilozheniye k prikazu Ministerstva obrazovaniya i nauki RF ot 3 avgusta 2012 g. № 583. (rus)

9. Ob utverzhenii ob'yavleniya o provedenii konkursnogo otbora obrazovatel'nykh uchrezhdeniy vysshego professional'nogo obrazovaniya, vnedryayushchikh innovatsionnyye obrazovatel'nyye programmy / Rasporyazheniye Ministerstva obrazovaniya i nauki RF ot 15 marta 2006 g. № R-5. (rus)

10. **Koroteev M.V., Sidorova E.E.** Otsenka kachestva prepodavaniya i ego vliyanie na effektivnost deyatel'nosti obrazovatel'nogo uchrezhdeniya na osnove matematicheskikh modeley / Metodika prepodavaniya ekonomicheskikh distsiplin: mater. XIV Drukerovskih chteniy, 21–22 marta 2013. — MGU im. M.V. Lomonosova, In-t problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN, In-t ekonomiki RAN. — Moscow, 2013. — S. 133–138. (rus)

**КОВАЖЕНКОВ Михаил Александрович** — заместитель декана факультета экономики и управления, доцент кафедры менеджмента, маркетинга и организации производства Волгоградского государственного технического университета, кандидат философских наук.

400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, д. 26.

E-mail: kovazhenkov@mail.ru

**KOVAZHENKOV, Michail A.** *Volgograd State Technical University.*  
400005, Lenina Ave. 26, Volgograd, Russia.  
E-mail: kovazhenkov@mail.ru

**КОРОТЕЕВ Михаил Викторович** – программист кафедры информационных систем в экономике, аспирант Волгоградского государственного технического университета.

400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, д. 26.  
E-mail: sejros@bk.ru

**KOROTEEV, Michail V.** *Volgograd State Technical University.*  
400005, Lenina Ave. 26, Volgograd, Russia.  
E-mail: sejros@bk.ru

**СИДОРОВА Екатерина Евгеньевна** – заместитель декана факультета экономики и управления, доцент кафедры экономики и финансов предприятий Волгоградского государственного технического университета, кандидат экономических наук.

400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, д. 26.  
E-mail: sikaterina@mail.ru

**SIDOROVA, Ekaterina E.** *Volgograd State Technical University.*  
400005, Lenina Ave. 26, Volgograd, Russia.  
E-mail: sikaterina@mail.ru