

УДК 005; 519.7; 303.732

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ВКЛАДА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ

Н.В. Дилигенский, М.В. Цапенко, А.Н. Давыдов

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: usat@samgtu.ru

Рассмотрены вопросы многокритериального оценивания сравнительной эффективности технологических платформ на примере научно-технической деятельности крупного научного учреждения.

Ключевые слова: технологические платформы, многокритериальное оценивание, системная эффективность научных исследований.

Одной из прогрессивных форм создания инновационной наукоёмкой продукции является организация технологических платформ как механизма взаимодействия ученых, производителей, бизнесменов, имеющего целью создание конечного высокотехнологичного продукта, конкурентоспособного на мировых и внешних рынках. В последнее десятилетие технологические платформы получили достаточно широкое распространение в экономически развитых странах, и в настоящее время аналогичный процесс развертывания деятельности технологических платформ происходит в России.

Решением Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям от 1 апреля 2011 г. (с добавлением от 31 мая 2011 г.) утвержден Перечень технологических платформ в России. В этот перечень входят 28 технологических платформ, сформированных по 11 базовым направлениям создания высоких инновационных технологий:

- медицинские и биотехнологии;
- информационно-коммуникационные технологии;
- фотоника;
- авиа-, космические технологии;
- ядерные и радиационные технологии;
- энергетика;
- технологии транспорта;
- технологии металлургии и новые материалы;
- добыча природных ресурсов и нефтепереработка;
- электроника и машиностроение;
- экологическое развитие.

По всем позициям определены организации – координаторы деятельности технологических платформ из ведущих научных и научно-производственных учреждений России, развертывается практическая деятельность по работе в этих направлениях.

Николай Владимирович Дилигенский (д.т.н., проф.), зав. кафедрой управления и системного анализа в теплоэнергетике.

Михаил Владимирович Цапенко (к.э.н., доц.), доцент, каф. управления и системного анализа в теплоэнергетике.

Андрей Николаевич Давыдов (к.т.н., доц.), заместитель проректора по научной работе.

В работе ставится задача исследовать вклад в становление и развитие технологических платформ на примере научно-технической деятельности крупного научного учреждения. Анализ показал, что в учреждении ведутся научные исследования по проблематике 22 технологических платформ инновационных технологий.

По каждой из технологических платформ была собрана информация по всему спектру деятельности: по квалификации кадров, научным публикациям, объему и уровню выполняемых НИР, приоритетам интеллектуальной собственности, защита диссертаций, количеству выигранных грантов и т. д.

Совокупность этих частных показателей для технологических платформ приведена в таблице.

На их основе сформирован глобальный критерий оценки системной эффективности научных исследований по каждой технологической платформе. В качестве способа свертки локальных показателей в обобщенный критерий применена *DEA-методология* [1-4], позволяющая получить глобальные оценки эффективности без использования информации о рангах частных разнородных критериев путем формулировки и решения специальных задач математического программирования.

Обобщенный критерий эффективности сформулируем в виде максимизируемого функционала f_n для каждой n -ой технологической платформы $n = 1, 2, \dots, 22$:

$$f_n = \max_{u_{kn} \in G} (u_{1n}y_{1n} + u_{2n}y_{2n} + \dots + \dots + u_{kn}y_{kn}), \quad (1)$$

где y_{kn} – значение k -го частного показателя эффективности ($k = 1, 2, \dots, 17$) для n -ой технологической платформы;

u_{kn} – неизвестные при постановке задачи многокритериального оценивания весовые коэффициенты частных показателей;

G – область значений весовых коэффициентов.

Область G конструируется исходя из условий нормирования всех обобщенных показателей эффективности f_n на интервале $[0, 1]$ и определяется системой ограничений:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_{11} \cdot y_{11} + u_{21} \cdot y_{21} + u_{31} \cdot y_{31} + \dots + u_{k1} \cdot y_{k1} \leq 1, \\ u_{12} \cdot y_{12} + u_{22} \cdot y_{22} + u_{32} \cdot y_{32} + \dots + u_{k2} \cdot y_{k2} \leq 1, \\ \dots \dots \dots \\ u_{1n} \cdot y_{1n} + u_{2n} \cdot y_{2n} + u_{3n} \cdot y_{3n} + \dots + u_{kn} \cdot y_{kn} \leq 1, \\ u_{kn} \geq 0, \end{array} \right. \quad (2)$$

$$k = \{1, 2, \dots, 17\}; n = \{1, 2, \dots, 22\}.$$

Локальные показатели эффективности

| Направление | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---------------------------|-----------------------------|--------|--------|------------|--------------------|-----------------------|-------------------|------------------|--------------------|------------|---------------------------|-------------|--------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|--|------------|
| Материалы и оборудование | Тех. материалы | Статьи | Темы | Монографии | Защиты диссертаций | Руководство аспиранта | Канд. диссертация | Фин. диссертация | Защита диссертации | Публикации | Семестральная конференция | Мероприятия | Оборудование | Участие в международных симпозиумах | Экспонаты на выставки | Научные публикации | Семестральная конференция | Участие в работе диссертационных советов | Фин. отчет |
| | Материалы будущего | 111.57 | 114.65 | 3.00 | 1.50 | 2.50 | 72.25 | 82021491 | 11.42 | 8.17 | 2.50 | 18.83 | 5.50 | 82.25 | 10.00 | 29.50 | 91.93 | 16.00 | 0.6289 |
| | Экспонаты, статьи и брошюры | 219.00 | 153.50 | 0.00 | 2.00 | 2.00 | 31.50 | 2248707 | 5.00 | 2.50 | 0.00 | 8.25 | 0.00 | 65.50 | 2.00 | 6.50 | 16.00 | 10.00 | 0.5099 |
| Информационные технологии | Информационные технологии | 7.00 | 4.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.00 | 0.00 | 11.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0766 |
| | Научная программа | 672.08 | 181.43 | 19.50 | 7.00 | 24.25 | 37.50 | 9759028 | 19.12 | 13.99 | 10.29 | 39.16 | 10.02 | 274.99 | 14.78 | 73.75 | 155.82 | 37.00 | 1.0000 |
| | Научная программа | 117.50 | 10.50 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 2.50 | 555250 | 4.50 | 0.00 | 4.00 | 11.83 | 10.50 | 30.00 | 0.00 | 0.50 | 31.00 | 9.50 | 0.5994 |
| Фотоиздания | Дизайн-макет | 25.67 | 18.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 800000 | 3.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.1142 |
| | Анализ | 33.75 | 9.25 | 0.00 | 0.00 | 1.75 | 43.25 | 3439489 | 1.50 | 2.00 | 0.50 | 1.50 | 3.75 | 17.75 | 2.00 | 1.75 | 29.50 | 6.50 | 0.2599 |
| Анализ информации | Анализ информации | 83.83 | 40.30 | 0.73 | 3.00 | 3.40 | 31.97 | 1261392 | 3.80 | 1.35 | 1.45 | 6.05 | 1.78 | 18.98 | 3.90 | 1.78 | 28.70 | 9.42 | 0.3655 |
| | Анализ информации | 6.07 | 0.60 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 8.80 | 6146438 | 0.80 | 0.60 | 0.20 | 0.80 | 1.40 | 1.00 | 1.40 | 0.00 | 2.20 | 2.00 | 0.0897 |

| Направление | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-----------------------|---|---|--------|--------|-------|------|-------|--------|----------|-------|-------|------|-------|------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|
| Тех. инфраструктура | | | 711.32 | 202.67 | 16.25 | 8.50 | 17.75 | 266.83 | 33325490 | 8.50 | 6.17 | 3.00 | 36.09 | 4.57 | 245.97 | 32.25 | 61.25 | 319.22 | 47.50 | 1.0000 |
| Средства | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 93.00 | 52.50 | 2.00 | 1.00 | 1.50 | 13.50 | 2558421 | 17.50 | 10.50 | 1.50 | 6.00 | 0.00 | 27.83 | 19.67 | 29.83 | 55.50 | 9.00 | 0.6744 |
| | | | 32.48 | 5.42 | 0.58 | 0.33 | 2.00 | 10.54 | 3146947 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.25 | 1.75 | 7.42 | 1.50 | 1.08 | 14.00 | 4.50 | 0.1167 |
| Технологии транспорта | | | 80.33 | 36.64 | 2.08 | 1.83 | 3.50 | 107.17 | 10571836 | 6.00 | 5.33 | 0.00 | 8.83 | 2.00 | 19.50 | 15.83 | 15.83 | 140.17 | 17.00 | 0.4740 |
| | | | 83.05 | 44.10 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 8.13 | 2600187 | 5.68 | 3.70 | 3.50 | 4.62 | 1.75 | 39.66 | 1.58 | 25.25 | 28.75 | 3.25 | 0.3424 |
| | | | 4.40 | 0.60 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 8.80 | 6146438 | 0.80 | 0.60 | 0.20 | 0.80 | 1.40 | 1.00 | 1.40 | 0.00 | 2.20 | 2.00 | 0.0897 |

| Направление | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
|---|---|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--|
| Технологии металлургии и металлургия новые | Тех. платформы | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Статьи | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| | Новые полимерные композиции на основе углеводородных полимеров и технологий | 96.52 | 66.95 | 66.95 | 3.00 | 1.00 | 6.50 | 21.75 | 18081905 | 9.63 | 6.17 | 0.00 | 13.25 | 2.00 | 29.38 | 8.69 | 3.63 | 79.25 | 44.00 | 0.7931 | |
| Лобная продукция ресурса и нефтяного сектора | Материалы и технологии металлургии | 363.08 | 324.25 | 324.25 | 13.67 | 4.00 | 16.50 | 72.38 | 25851314 | 23.28 | 11.28 | 0.00 | 31.58 | 6.17 | 212.85 | 10.75 | 24.78 | 306.50 | 55.50 | 1.0000 | |
| | Технологии чешских платформ твердых полимеров | 29.17 | 8.83 | 8.83 | 2.50 | 1.00 | 0.00 | 3.50 | 1262530 | 2.00 | 0.00 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 21.50 | 3.00 | 2.00 | 7.00 | 1.00 | 0.1375 | |
| | Технологии добычи и использования углеводородов | 360.40 | 243.82 | 243.82 | 3.33 | 5.00 | 7.50 | 157.63 | 153622834 | 26.28 | 20.88 | 1.55 | 28.78 | 6.17 | 301.63 | 45.12 | 68.72 | 250.41 | 46.25 | 1.0000 | |
| Электроника и машиностроение | Глубокая переработка углеводородных ресурсов | 69.02 | 113.37 | 113.37 | 3.83 | 3.50 | 8.50 | 47.25 | 25055722 | 3.96 | 1.37 | 1.38 | 7.84 | 5.00 | 35.93 | 14.60 | 43.93 | 66.66 | 13.50 | 0.6095 | |
| | Технологии металлургии, машиностроения, аэрокосмических систем | 319.47 | 99.45 | 99.45 | 7.50 | 4.33 | 16.65 | 51.93 | 25069387 | 23.50 | 28.65 | 7.20 | 19.14 | 17.75 | 130.70 | 14.53 | 65.79 | 201.90 | 35.33 | 1.0000 | |
| | Углеводородная химия и технологии в области работы с ресурсами | 22.00 | 24.00 | 24.00 | 0.50 | 0.00 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 6.00 | 1.00 | 11.00 | 2.00 | 29.00 | 10.00 | 2.50 | 0.3932 | |
| Число патентов | | 418.90 | 174.36 | 8.33 | 5.00 | 11.90 | 436.93 | 251914600 | 24.94 | 18.93 | 1.70 | 25.21 | 6.57 | 138.65 | 22.48 | 38.87 | 125.03 | 54.25 | 1.0000 | | |

Постановки (1), (2) определяют 22 задачи линейного математического программирования, решениями которых являются показатели обобщенной эффективности исследований по каждой технологической платформе f_n и соответствующие им ранги частных критериев u_{kn} .

Свойства метода *DEA* и примеры его апробации рассмотрены в работах [5-8].

Результаты решения 22 задач линейного математического программирования в виде обобщенных нормированных на интервале $[0,1]$ *DEA-оценок* системной эффективности научных исследований по направлению каждой технологической платформы также приведены в таблице и представлены графически в ранжированном по степени обобщенной эффективности виде на диаграмме (см. рисунок).

Из анализа полученных результатов следует, что интегральные оценки эффективности находятся в интервале $0,077 \div 1,0$. Наибольшей эффективностью обладают исследования, проводимые по проблематике шести технологических платформ: национальная программная платформа, интеллектуальная энергетическая система России, материалы и технологии металлургии, технологии добычи и использования углеводородов, технологии мехатроники, встраиваемых систем управления, радиочастотной идентификации и роботостроение, технологии экологического развития.

Эти шесть позиций образуют оптимальное по Парето множество технологических платформ.

Затем следует группа из семи позиций, обобщенная эффективность которых лежит в диапазоне $0,5 \div 1,0$. Исследования по 11 направлениям технологических платформ имеют суммарную эффективность меньшую, чем 0,5.

Таким образом, предложенный подход на основе сбора многофакторной информации, ее обработки и многокритериального ранжирования позволяет оценивать системную эффективность научных исследований по тематике утвержденных базовых российских технологических платформ.

Настоящее исследование проведено в рамках выполнения Государственного контракта Минобразования и науки РФ № 16.740.11.0749.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. HANDBOOK ON DATA ENVELOPMENT ANALYSIS edited by: *William W. Cooper, Lawrence M. Seiford, Joe Zhu* // Kluwer Academic Publishers, 2004. – 593 p.
2. *Farrel M.J.* The Measurement of Productive Efficiency // *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, Vol. 120, Part III, 1957, 253-281 p.
3. *Charnes A., Cooper W., Rhodes E.* Measuring the Efficiency of Decision Making Units // *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, 1978, pp. 429-444.
4. *Banker R.D., Charnes A., Cooper W.* Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiency in Data Envelopment Analysis // *Management Science*, Vol. 30, No. 9, 1984, pp. 1078-1092.
5. *Дилigenский Н.В., Цапенко М.В.* Математическое моделирование и обобщенное оценивание эффективности производственно-экономических систем // Труды VI Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара, СНЦ РАН. – 2004. – С. 96-106.
6. *Дилigenский Н.В., Цапенко М.В.* Методология DEA: оценка эффективности экономических объектов, анализ метода и свойств решений // Межвузовский сборник научных трудов «Высшее образование, бизнес, предпринимательство – 2001». – Самара: СамГТУ, Поволжский институт бизнеса. – 2001. – С. 149–159.
7. *Дилigenский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н.* Методология и технологии формирования и классификации знаний о деятельности научных коллективов // Труды XII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара, СНЦ РАН. – 2011. – С. 95-103.

8. *Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н.* Многокритериальная методология выявления перспективных направлений научных исследований // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. – Вып. №4 (32). – Самара, 2011. – С. 26-33.

Статья поступила в редакцию 4 марта 2012 г.

SYSTEMS ANALYSIS OF THE CONTRIBUTION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY PLATFORMS

N.V. Diligensky, M.V. Tsapenko, A.N. Davydov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

This article discusses the issues of multi-criteria evaluation of the comparative effectiveness of Technology Platforms on the example of scientific and technical activities of a large research institution.

Keywords: *Technology Platforms, multicriteria estimation, system effectiveness of scientific research.*

*Nikolay V. Diligensky (Dr. Sci. (Techn.)), Head of Dept.
Mihail V. Tsapenko (Ph.D. (Techn.)), Associate professor.
Andrey N. Davydov (Ph.D. (Techn.)), Head of Dept.*