

DOI: 10.15593/2224-9397/2021.1.08

УДК 519.876.2

А.В. Кривцун

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
им. М.И. Платова, Новочеркасск, Россия

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ВУЗА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Интернационализация и международная деятельность находятся среди приоритетных задач функционирования и развития современных университетов. Стратегии интернационализации или дорожные карты развития международной деятельности в настоящее время играют важную роль во многих вузах, а также в общем контексте политики высшего образования. Необходимость в поисках методов определения уровня интернационализации университетов возникает в связи с увеличением глобальных бюджетов на академическую международную мобильность и международные проекты. С другой точки зрения еще недавно эта область была показана как едва измеренная с помощью научно обоснованных и сопоставимых показателей. **Цель исследования:** повышение эффективности управления международной деятельностью вуза, а также оценка динамики ее развития за счет учета влияния внутренних и внешних факторов, что поможет эффективно управлять интернационализацией вуза и обеспечить ее устойчивое функционирование. **Методы:** предложена методика оценки динамики развития международной деятельности вуза в рамках временного периода, состоящая из трех основных шагов: снижение размерности исходных данных, построение регрессионной модели и построение адаптивной аппроксимационной прогнозной модели. В качестве исходных данных была использована система показателей управления интернационализацией вуза на макро- мезо- и микроуровнях. **Результаты:** представлены результаты исследования динамики развития международной деятельности вузов с использованием многомерного компонентного анализа, который позволяет рассматривать множество различных факторов, учитывая связи между ними помимо оценки влияния данных факторов на результат. Разработана методика оценки динамики развития международной деятельности вуза в рамках временного периода, которая позволяет произвести текущую оценку международной деятельности вуза, перейдя в ортогональное пространство главных компонент, и спрогнозировать дальнейшую динамику развития путём построения адаптивной аппроксимационной прогнозной модели. По результатам прогноза вузы разделяются на следующие категории: *форсирующие*, где идет активное развитие международной деятельности; *стационарные*, международная деятельность которых существенно не изменяется, и *увядающие* вузы, международная деятельность которых с каждым годом ухудшается. **Практическая значимость:** результаты исследований позволят реализовать информационную систему поддержки принятия решений для управления международной деятельностью вуза и её оценки.

**Ключевые слова:** управление международной деятельностью, вуз, метод главных компонент, регрессионный анализ.

**A.V. Krivtsun**

Platov South Russian State Polytechnic University (NPI),  
Novocherkassk, Russian Federation

## **EVALUATION OF THE UNIVERSITY INTERNATIONAL ACTIVITIES EFFICIENCY BASED ON THE PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS**

Internationalization and international activities are one of the priority tasks of the functioning and development of modern universities. Internationalization strategies or roadmaps for the development of international activities now play an important role in many universities, as well as in the general context of higher education policy. The need to find methods for determining the level of internationalization of universities arises in connection with the increase in global budgets for academic international mobility and international projects. From another point of view, until today, this area has been shown to be barely measured using scientifically based and comparable indicators. **Purpose:** The purpose of the study is to improve the efficiency of the university internationalisation management, as well as to assess the dynamics of its development by considering the influence of internal and external factors, which will help to effectively manage the internationalization of the university and ensure its sustainable functioning. **Methods:** In the paper the methodology for assessing the dynamics of the development of the international activity of a university within a time period was proposed, consisting of three main steps: reducing the dimension of the initial data, building a regression model and building an adaptive approximation predictive model. As the initial data, a system of indicators for managing the internationalization of the university at the macro, meso and micro levels was used. **Results:** This article presents the results of a study of the dynamics of the development of international activities of universities using multivariate component analysis, which allows us to consider many different factors, taking into account the links between them, in addition to assessing the influence of these factors on the result. A methodology has been developed for assessing the dynamics of the development of the international activity of the university within the time period, this methodology allows making a current assessment of the international activity of the university, moving into the orthogonal space of the main components and predicting further dynamics of development by constructing an adaptive approximation of the forecast model. According to the results of the forecast, universities are divided into the following categories: forcing, where international activities are actively developing; stationary, whose international activity does not change significantly and fading, universities whose international activities are deteriorating every year. **Practical relevance:** The research results will make it possible to implement a decision support information system for managing and evaluating the international activities of the university.

**Keywords:** international activity management, university, principle component analysis, regression analysis

### **Введение**

Интернационализация и международная деятельность находятся среди приоритетных задач функционирования и развития современных университетов. Стратегии интернационализации или дорожные карты развития международной деятельности в настоящее время играют важную роль во многих вузах, а также в общем контексте политики высшего образования. Необходимость в поисках методов определения уровня

интернационализации университетов возникает в связи с увеличением глобальных бюджетов на академическую международную мобильность и международные проекты. С другой точки зрения пока эта область была показана как едва измеренная с помощью научно обоснованных и сопоставимых показателей. Во многих случаях она ограничивается только основными сгенерированными метриками, которые уже определены и легко идентифицируются, например, количество стипендиатов или число партнёрских соглашений, не прибегая к значимости показателей, которые указывают на заинтересованность вуза в международной интеграции или определяют обоснованность, объективность и точность работы. Это касается очень разнородных и индивидуализированных подходов отдельных университетов, которые стараются определить степень своего международного участия благодаря основным показателям. Иначе, это также касается большинства существующих рейтингов проведения сравнений на международном уровне (например, QS, THE, ARWU и др.). В то же время министерства требуют от вузов, чтобы те способствовали международной ориентированности и документально подтверждали это соответствующим образом. Мировой опыт работы отделов институциональных исследований в ведущих зарубежных центрах и университетах Англии, Голландии, Германии и других стран подтверждает необходимость принятия решений на основе фактов в стратегических вопросах планирования, управления и оценки международной деятельности университетов. Но существует значительная сложность в анализе международной работы университета и управленческих решений в этой сфере в связи с многомерностью процессов, происходящих в международной деятельности, и их взаимосвязанностью из-за трудоемкости изучения отдельных явлений, отсутствия достаточной количественной информации о динамике процессов.

Всестороннее изучение процессов интернационализации отражено в работах зарубежных и российских ученых. Так, в работе [1] рассмотрены показатели и индикаторы, используемые для оценки международной деятельности. В работе [4] рассмотрены моделирование международной деятельности и степень влияния интернационализации на стратегическое развитие вузов. В публикациях [9, 16, 19] подробно рассматривается процесс оценки интернационализации вуза, определены понятия, подходы к оценке и качеству интернационализации вузов, особенно административные механизмы, структура поддержки, учебные программы, международные гранты и контракты, программы сотрудничества.

Анализ вопросов, отраженных в рассмотренных работах, позволил сделать вывод о недостаточной проработанности вопросов комплексного управления международной деятельностью вуза. Требуется проработка вопросов, касающихся разработки математических моделей, методов и интеллектуальных адаптивных технологий, базирующихся на базах знаний, для анализа, прогнозирования и выработки рекомендаций при принятии решений по обеспечению достижения показателей мониторинга эффективности вузов, в том числе путем выработки стратегий процессной оптимизации и оптимизации их структуры

Наиболее часто для оценки и анализа социально-экономических процессов используются методы анализа многомерных статистических данных. Для решения задачи моделирования международной деятельности вуза рассмотрены два глобальных подхода – это факторный анализ и компонентный анализ. Факторный анализ позволяет производить оценку статистического процесса одного или двух заранее известных факторов и строить модель оценки влияния данных факторов на результат. Для более сложных социальных и экономических процессов используется многомерный компонентный анализ, который позволяет работать с множеством различных факторов, учитывая связи между ними помимо оценки влияния данных факторов на результат.

В качестве исходных данных были взяты внешние и внутренние факторы оценки международной деятельности вуза. Внутренние факторы представляют собой результаты опроса или анкетирования студентов в виде матрицы размерностью  $20 \times n$ , где  $n$  – количество опрошенных человек. Внешние факторы представляют собой первичные данные международной деятельности вуза в виде вектора размерностью 30. Наша задача подразумевает работу более чем с 50 факторами, поэтому рассматривается именно компонентный анализ.

### **1. Методика оценки динамики развития международной деятельности вуза в рамках временного периода**

В результате проведенного исследования была разработана методика оценки динамики развития международной деятельности вуза в рамках временного периода. Данная методика состоит из трех основных шагов: снижение исходных данных, построение регрессионной модели, а также адаптивной аппроксимационной прогнозной модели. В качестве исходных данных была использована система показателей управления интернационализацией вуза на макро- мезо- и микроуровне.

Разработанная методика оценки динамики развития международной деятельности вуза в рамках временного периода позволяет произвести текущую оценку международной деятельности вуза, перейдя в ортогональное пространство главных компонент и спрогнозировать дальнейшую динамику развития путём построения адаптивной аппроксимации прогнозной модели.

Для формирования оценки интернационализации университета на макро- и мезоуровне использован набор первичных данных  $P_j$  ( $j = 1...30$ ), описание которых подробно приведено ранее и опубликовано в работах [8, 12, 13].

Для формирования показателей на микроуровне в рамках исследовательской работы предложено применить процедуру опроса экспертов. Для повышения достоверности и объективности оценки эффективности интернационализации вуза предлагается получение первичной информации непосредственно от иностранных студентов вуза, российских студентов, участвующих или желающих участвовать в программах академической мобильности, от представителей профессорско-преподавательского состава, от иностранных исследователей и ученых, сотрудничающих с вузом, и пр. Широкий спектр охвата опрашиваемых и получение первичной информации непосредственно от студентов и ППС вуза обеспечивают полноту и актуальность оценок.

Перечень показателей сформирован на основе проведенного SWOT- и PEST-анализа интернационализации вуза с привлечением консультанта-специалиста, с учётом внешних требований, а также организационных структур университета, описание которых приведено в таблице.

Факторы, характеризующие интернационализацию вуза на микроуровне (внутренние)

№	Описание данных
	Микроуровень
$P_1$	Качество обучения иностранных студентов (вопрос в анкете: нравится ли Вам обучаться в университете)
$P_2$	Инфраструктура вуза для проживания иностранных студентов (вопрос в анкете: комфортно ли Вам проживать в общежитии)
$P_3$	Условия интеграции и адаптации иностранных студентов, аспирантов, преподавателей. (вопрос в анкете: комфортно ли Вам обучаться в университете)
$P_4$	Качество образовательных программ на английском языке (вопрос в анкете: нравится ли Вам преподавание курсов на английском языке)

## Окончание таблицы

$P_5$	Качество образовательных программ на английском языке (вопрос в анкете: соответствует ли содержание курсов на английском языке Вашим ожиданиям)
$P_6$	Качество образовательных программ на русском языке (вопрос в анкете: нравится ли Вам преподавание курсов на русском языке)
$P_7$	Качество образовательных программ на русском языке (вопрос в анкете: соответствует ли содержание курсов на русском языке Вашим ожиданиям)
$P_8$	Качество программ подготовки русскому языку как иностранному (вопрос в анкете: нравится ли Вам преподавание курсов по русскому языку)
$P_9$	Качество программ подготовки иностранным языкам в вузе (вопрос в анкете: нравится ли Вам преподавание курсов по английскому (или другому иностранному языку)
$P_{10}$	Условия участия иностранных студентов и аспирантов в молодежных научных лабораториях (вопрос в анкете: участвуете в научной деятельности? Нравится?)
$P_{11}$	Условия участия студентов, аспирантов, ППС в программах зарубежной академической мобильности (вопрос в анкете: участвовали ли в программах зарубежной академической мобильности. Понравилось?)
$P_{12}$	Степень электронного оснащения вуза (вопрос в анкете: оцените степень e-сервисов в университете)
$P_{13}$	Качество работы международного отдела с иностранным контингентом (вопрос в анкете: оцените уровень взаимодействия с сотрудниками международной службы. Помогают Вам? Отвечают на Ваши вопросы?)
$P_{14}$	Качество работы международного отдела по информированию о программах зарубежной мобильности и условиях участия (вопрос в анкете: участвовали ли в программах мобильности. Легко ли было получить информацию о таких программах в университете. Оцените условия участия в программе)
$P_{15}$	Условия участия студентов и аспирантов в программах двойного диплома (вопрос в анкете: участвовали ли в программах двойного диплома. Оцените условия участия в программе двойного диплома?)
$P_{16}$	Качество образовательных программ, разработанных совместно с ведущими зарубежными партнерами (Эразмус+) (вопрос в анкете: интересно ли Вам обучаться по программе разработанной совместно с ведущими зарубежными партнерами. Оцените данную программу (Эразмус+))
$P_{17}$	Качество учебных материалов для иностранных студентов, аспирантов (вопрос в анкете: понятны ли Вам учебные материалы, все ли необходимые учебные материалы в доступе)
$P_{18}$	Условия проживания в городе (вопрос в анкете: комфортно ли Вам жить в городе)
$P_{19}$	Уровень толерантности к иностранным студентам, аспирантам (вопрос в анкете: нравится ли Вам учиться в РФ)
$P_{20}$	Уровень толерантности к иностранным студентам, аспирантам (вопрос в анкете: нравится ли Вам учиться в городе N)

Внутренние факторы представляют собой результаты опроса или анкетирования студентов в виде матрицы размерностью  $20 \times n$ , где  $n$  – количество опрошенных человек. Внешние факторы представляют собой первичные данные международной деятельности вуза в виде вектора размерностью 30. Данные факторы для оценки динамики развития международной деятельности вуза в рамках временного периода определяются по годам, например, для экспериментальных исследований был взят период 2010–2020. Для данного временного периода получена матрица значений внутренних факторов размерностью  $20 \times n \times t$ , где

$t$  – год, в котором получены исходные данные. Аналогичным образом строится матрица внешних факторов размерностью  $30 \times t$ .

## 2. Снижение размерности исходных данных для оценки динамики изменений внутренних факторов международной деятельности вуза

На первом этапе проводится снижение размерности исходных данных. Для этого применяется метод главных компонент, задачей данного этапа является получение из матриц исходных внешних и внутренних факторов – значений соответствующих им главных компонент.

Рассмотрим порядок реализации снижения размерности исходных данных на примере матрицы  $X$ :

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1k} \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{ik} \\ x_{n1} & \dots & x_{nj} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Размерность рассмотренной матрицы  $(n \times k)$ , где  $x_{ij}$  – значение  $j$ -го показателя у  $i$ -наблюдения ( $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k$ ).

Вычисляются средние значения показателей  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k$ , а также  $s_1, \dots, s_k, G_1, \dots, G_k$ .

Строится матрица нормированных (стандартизованных) отклонений  $Z$ :

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11} & \dots & z_{1j} & \dots & z_{1k} \\ z_{i1} & \dots & z_{ij} & \dots & z_{ik} \\ z_{n1} & \dots & z_{nj} & \dots & z_{nk} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

$$z = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}; \quad Z = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{G_j}. \quad (3)$$

При этом

$$G_j = \sqrt{\frac{\sum (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n}}. \quad (4)$$

Формируется матрица парных коэффициентов корреляции  $R$ :

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2k} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & r_{nk} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

При этом

$$r_{je} = \frac{\bar{x}_j \bar{x}_e - \bar{x}_j \cdot \bar{x}_e}{s_j s_e}, \quad (6)$$

где

$$\bar{x}_j \bar{x}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} x_{ie}; \quad j, e = 1, 2, \dots, k. \quad (7)$$

Преобразуется матрица  $A$  в диагональную матрицу  $\lambda$  собственных значений многочлена  $|\lambda E - R|$ , где  $E$  – единичная матрица.

Решается уравнение

$$|\lambda E - R = 0|, \quad (8)$$

корнями которого являются  $K$  собственных значений:

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_k. \quad (9)$$

Строится матрица собственных значений:

$$\lambda = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_k \end{pmatrix}. \quad (10)$$

На основе приведенной матрицы получают собственные значения, характеризующие вклады соответствующих главных компонент в суммарную дисперсию исходных признаков, равную  $K$ , т.е.  $\sum_{v=1}^k \lambda_v$ .

При этом первая главная компонента оказывает наибольшее влияние на общую вариацию, а последняя  $K$ -я – наименьшее.

Вклад  $V$ -й главной компоненты в суммарную дисперсию определяется следующим образом:

$$\frac{\lambda_v}{K} \cdot 100 \%. \quad (11)$$

Определяется суммарный вклад  $m$  первых главных компонент, доля которых должна составлять не менее 80–90 %:

$$\frac{\sum_{v=1}^m \lambda_v}{K} \cdot 100 \%. \quad (12)$$

Строится матрица факторных нагрузок:

$$A = V \lambda^{1/2} = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1v} & \dots & a_{1k} \\ a_{j1} & \dots & a_{jv} & \dots & a_{jk} \\ a_{k1} & \dots & a_{kv} & \dots & a_{kk} \end{pmatrix}, \quad (13)$$

где  $V$  – матрица, составленная из нормированных векторов  $V_v$ .

Определяется собственный вектор  $U_y$ , соответствующий собственному значению  $\lambda_y$  корреляционной матрицы  $R$ . Значение  $U_y$  находится как отличное от нуля путем решения уравнения:

$$(\lambda E - R)U_y = 0. \quad (14)$$

Находится стандартизованное значение собственного вектора  $V_v$  как

$$V_v = \frac{U_y}{\sqrt{U_y^t U_y}}. \quad (15)$$

Вычисляется матричный коэффициент  $a_{ij}$ , где  $i = 1, 2, \dots, k$ ;  $j = 1, 2, \dots, k$  – это коэффициенты, отражающие тесноту связи между  $X_j$  показателем и  $f_j$ -й главной компонентой, причем  $-1 \leq a_{jv} \leq 1$ , а

$$\frac{\sum_{j=1}^k a_{jv}^2}{k} = \lambda_v. \quad (16)$$

Матрица факторных нагрузок  $A$  интерпретируется как линейные функции исходных признаков. При этом в ходе интерпретации полученных функций  $f_v$  используем лишь те  $X_j$ , для которых  $|a_{jv}| = 0,5$ .

Строится сводная матрица всего множества компонент для каждой компоненты в отдельности и для всей их совокупности в целом:

$$F = \begin{pmatrix} f_{11} & \dots & f_{1v} & \dots & f_{1k} \\ f_{j1} & \dots & f_{jv} & \dots & f_{jk} \\ f_{n1} & \dots & f_{nv} & \dots & f_{nk} \end{pmatrix}, \quad (17)$$

где  $F$  – матрица нормированных значений исходных показателей, на основе которой по алгоритму  $F = ZA^{-1} = ZVA^{-1/2}$  происходит получение главных компонент, дающих представление о всей структуре наблюдаемых взаимосвязей.

Интерпретируя те главные компоненты, собственные значения которых больше единицы, определяется их вклад в суммарную дисперсию  $\sum_{i=1}^n d_i = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{m}$ , и проводится их оптимизация путем сокращения количества выбранных главных компонент.

Таким образом, результатом первого этапа снижения размерности исходных данных является получение значений внешних и внутренних факторов в пространстве главных компонент. На основе полученных данных можно построить графики изменения внутренних и внешних факторов, отражающих результаты международной деятельностью вуза за данный период.

### 3. Построение прогнозной модели динамики международной деятельности вуза

Для определения корреляционной зависимости между внешними и внутренними факторами, отражающими международную деятельность вуза, необходимо провести построение регрессионной модели.

Предлагается использовать регрессионную модель на латентных признаках. Такая модель позволяет избежать явления переоценки и мультиколлинеарности, которое возникает при большом количестве исходных факторов и высокой собственной корреляции.

Под латентными переменными понимают линейные комбинации исходных переменных, которые могут быть выражены в следующем виде:

$$X = TP^t + E = \sum_{a=1}^A t_a p_a^t. \quad (18)$$

В нашем случае новые латентные переменные являются главными компонентами внутренних и внешних факторов, полученных в предыдущем разделе.

Завершающим этапом оценки международной деятельности вуза в рамках временного периода является построение адаптивной аппроксимационной прогнозной модели на основе статистических данных.

Для решения поставленной задачи прогнозирования предлагается использовать адаптивный метод. При использовании адаптивных методов возможно описать процессы с учетом различной важности членов динамического ряда, причем влияние последних членов динамического ряда на дальнейшее развитие процесса учитывается существенно, чем более ранних. Таким образом, появляется возможность оперативно реагировать на изменения и делать более точные прогнозы на ближайший период.

Широко известным и применяемым адаптивным методом является метод гармонических весов. Для этого исходный динамический ряд разбивается на части (фазы).

Каждая фаза аппроксимируется линейной функцией  $y = a + bt...$

Рассчитываются приросты по формуле:

$$\Delta_{\tau+1} = \bar{y}_{\tau+1} - \bar{y}_{\tau}. \quad (19)$$

Рассчитываются гармонические веса. Если начальная информация имеет вес:  $m_2 = \frac{1}{n-1}$ , то вес информации, относящийся к последующему моменту времени, определяется как

$$m_{\tau+1} = m_{\tau} = \frac{1}{n-\tau}. \quad (20)$$

Для нахождения гармонических коэффициентов, удовлетворяющих условию  $\sum_{\tau=1}^n \vartheta_{\tau+1} = 1$ , необходимо гармонические веса разделить на  $n - 1$ .

Тогда средний прирост

$$\bar{\Delta} = \sum_{\tau=1}^n \vartheta_{\tau+1} \bar{y}_{\tau+1}. \quad (21)$$

Прогноз формируется следующим образом:

$$y = \bar{y}_{\tau+1} + \bar{\Delta}. \quad (22)$$

Оценка полученного прогноза позволяет сделать вывод об эффективности управления и динамике развития международной деятельности вуза в рамках временного периода. По результатам прогноза вузы разделяются на следующие категории: *форсирующие*, где идет активное развитие международной деятельности; *стационарные*, международная деятельность которых существенно не изменяется, и *увядающие* вузы, международная деятельность которых с каждым годом ухудшается.

## Заключение

В результате проведенного исследования разработана методика оценки эффективности управления и динамики развития международной деятельности вуза в рамках временного периода. Данная методика позволяет классифицировать вузы по трем категориям по результатам анализа факторов, характеризующих международную деятельность вузов. Определен набор критериев эффективности международной деятельности вузов, охватывающих все виды основной деятельности в международной сфере для формирования комплексной оценки и определения эффективности деятельности вуза. Разработанная методика оценки позволяет научно обоснованно применять решения по управлению и стратегическому развитию международной деятельности вуза. Результаты исследований будут использованы далее в рамках реализа-

ции имитационной модели работы информационной системы поддержки принятия решений для управления и оценки международной деятельности вуза.

### Библиографический список

1. Doiz A., Lasagabaster D., Sierra J. Globalisation, internationalisation, multilingualism and linguistic strains in higher education // *J. Studies in Higher Education*. – 2013. – P. 1407–1421.
2. Эсбенсе К. Анализ многомерных данных. Избранные главы. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. – 157 с.
3. Болч Б. Многомерные статистические методы для экономики. – М.: Статистика. 1979. – 317 с.
4. Soliman S, Anchor J., Taylor D. The international strategies of universities: deliberate or emergent? // *J. Studies in Higher Education*. – 2018. DOI:10.1080/03075079.2018.1445985
5. Automated intellectual analysis of consumers' opinions in the scope of internet marketing and management of the international activity in educational institution / D. Gorbushin, D. Grinchenkov, A. Kolomiets, N. Phuc Hau // *Proc. of the 5th Int. Conf. on Applied Innovations in IT (16 March 2017)*. – Koethen. – P. 57–63.
6. Open University Learning Analytics dataset / J. Kuzilek [et al.] // *Sci.* – 2017. – 4 – 170171. DOI: 10.1038/sdata.2017.171
7. Гринченков Д.В., Коломиец А.В. Системный анализ международной деятельности вузов на основе когнитивного моделирования // *Изв. вузов. Сев.-Кавказ. региона. Технические науки*. – 2017. – С. 24–31.
8. Гринченков Д.В., Коломиец А.В. Проблема оценки качества международной деятельности вуза и создание системы поддержки принятия решений // *Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Проблемы высшего образования*. – 2016. – № 4. – С. 99–103.
9. Winitzky-Stephens J., Pickavance J. Open Educational Resources and Student Course Outcomes: A Multilevel Analysis // *J. International Review of Research in Open and Distributed Learning*. – 2017. – 18(4). DOI: 10.19173/irrodl.v18i4.3118
10. Optimization of the modular educational program structure / A. Ivanchenko, A. Kolomiets, D. Grinchenkov, V.N. Nguyen // *Proc. of the 4th Int. Conf. on Applied Innovations in IT / Eds: Eduard Siemens, Bernd Krause, Leonid Mylnikov*. – 10 March 2016. – Koethen. – P. 31–34.

11. Мхитарян В.С. Эконометрика: учебник. – М.: Проспект, 2014. – 382 с.
12. Гринченков Д.В., Коломиец А.В., Жменя Е.С. Построение когнитивной карты международной деятельности вуза // Известия Волгоград. гос. техн. ун-та. – 2018. – № 5(215). – С. 77–84.
13. Гринченков Д.В., Коломиец А.В., Шарипов А.С. Обзор автоматизированных систем управления международной деятельностью вуза // Перспективы развития информационных технологий. – 2016. – № 32. – С. 11–16.
14. Поляк Б.Т. Метод главных компонент: робастные версии // Автоматика и телемеханика. – 2017. – № 3. – С. 130–148.
15. Keys P. On becoming expert in the use of problem structuring methods // J. of the Operational Research Society. – 2006. – P. 822–829.
16. Sivertsen G. Patterns of internationalization and criteria for research assessment in the social sciences and humanities // Scientometrics. – 2016. – 107. – P. 357–368. – URL: <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1845-1>
17. Cahill, M.B., Sánchez, N. Using principal components to produce an economic and social development index: An application to Latin America and the U.S. // Atlantic Economic Journal. – 2001. – 29. – P. 311–329. – URL: <https://doi.org/10.1007/BF02300552>
18. Kim D., Kim S. Comparing patterns of component loadings: Principal Component Analysis (PCA) versus Independent Component Analysis (ICA) in analyzing multivariate non-normal data // Behav Res. – 2012. – 44. – P. 1239–1243. – URL: <https://doi.org/10.3758/s13428-012-0193-1>
19. Healey N.M. Is higher education in really ‘internationalising’? // High Educ. – 2008. – 55. – P. 333–355. – URL: <https://doi.org/10.1007/s10734-007-9058-4>
20. Schubert T., Baier E., Rammer C. Firm capabilities, technological dynamism and the internationalisation of innovation: A behavioural approach // J Int Bus Stud. – 2018. – 49. – P. 70–95. – URL: <https://doi.org/10.1057/s41267-017-0101-0>
21. Kolomiets A., Grinchenkov D., Vodenko, K PEST- and SWOT-analysis of university internationalization factors // Journal of Physics. Conference Series. – 2019. – Vol. 1415.
22. Елисеева И.И. Группировка, корреляция, распознавание образов: статистические методы классификации и измерения связей. – М.: Статистика, 1977. – 143 с.

23. Солонин С.И. Метод контрольных карт. – М.: Directmedia, 2016. – 215 с.

24. Chinnasamy Jayakumar. Internationalisation in Scottish Higher Education: Educators' Perspectives on Constructing the Internationalised University, 2018.

25. Young T., Handford M., Schartner A. The internationalizing university: an intercultural endeavor? // *Journal of Multilingual and Multicultural Development*. – 2016. DOI: 1-3.10.1080/01434632.2015.1134547

### References

1. Doiz A., Lasagabaster D., Sierra J. Globalisation, internationalisation, multilingualism and linguistic strains in higher education. *J. Studies in Higher Education*, 2013, pp. 1407-1421.

2. Esbense K. *Analiz mnogomernykh dannyykh. Izbrannye glavy* [Analysis of multivariate data. Selected chapters]. Barnaul: Altaiskii universitet, 2003, 157 p.

3. Bolch B. *Mnogomernye statisticheskie metody dlia ekonomiki* [Multivariate statistical methods for economics]. Moscow: Statistika. 1979, 317 p.

4. Soliman S, Anchor J., Taylor D. The international strategies of universities: deliberate or emergent? *J. Studies in Higher Education*, 2018. DOI:10.1080/03075079.2018.1445985

5. Gorbushin D., Grinchenkov D., Kolomiets A., Phuc Hau N. Automated intellectual analysis of consumers' opinions in the scope of internet marketing and management of the international activity in educational institution. *Proc. of the 5th Int. Conf. on Applied Innovations in IT (16 March 2017)*. Koethen, pp. 57-63.

6. Kuzilek J. et al. Open University Learning Analytics dataset. *Sci. Data* 4:170171, 2017. DOI: 10.1038/sdata.2017.171

7. Grinchenkov D.V., Kolomiets A.V. *Sistemnyi analiz mezhdunarodnoi deiatel'nosti vuzov na osnove kognitivnogo modelirovaniia* [System analysis of international activities of universities based on cognitive modeling]. *Izvestiia vuzov. Severo-Kavkazskii region. Tekhnicheskie nauki*, 2017, pp. 24-31.

8. Grinchenkov D.V., Kolomiets A.V. Problema otsenki kachestva mezhdunarodnoi deiatel'nosti vuza i sozdanie sistemy podderzhki priniatiia reshenii [The problem of assessing the quality of the international activities of the university and the creation of a decision support system]. *Vestnik*

Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. *Problemy vysshego obrazovaniia*, 2016, no. 4, pp. 99-103.

9. Winitzky-Stephens J., Pickavance J. Open Educational Resources and Student Course Outcomes: A Multilevel Analysis. *J. International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 2017, 18(4). DOI: 10.19173/irrodl.v18i4.3118

10. Ivanchenko A., Kolomiets A., Grinchenkov D., Nguyen V.N. Optimization of the modular educational program structure. *Proc. of the 4th Int. Conf. on Applied Innovations in IT*. Eds: Eduard Siemens, Bernd Krause, Leonid Mylnikov. 10 March 2016. Koethen, pp. 31-34.

11. Mkhitarian V.S. *Ekonometrika [Econometrics]*. Moscow: Prospekt, 2014, 382 p.

12. Grinchenkov D.V., Kolomiets A.V., Zhmenia E.S. Postroenie kognitivnoi karty mezhdunarodnoi deiatel'nosti vuza [Building a cognitive map of the international activities of the university]. *Izvestiia Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018, no. 5(215), pp. 77-84.

13. Grinchenkov D.V., Kolomiets A.V., Sharipov A.S. Obzor avtomatizirovannykh sistem upravleniia mezhdunarodnoi deiatel'nost'iu vuza [Review of automated management systems for the international activities of the university]. *Perspektivy razvitiia informatsionnykh tekhnologii*, 2016, no. 32, pp. 11-16.

14. Poliak B.T. Metod glavnykh komponent: robustnye versii [Principal Component Method: Robust Versions]. *Avtomatika i telemekhanika*, 2017, no. 3, pp. 130-148.

15. Keys P. On becoming expert in the use of problem structuring methods. *J. of the Operational Research Society*, 2006, pp. 822-829.

16. Sivertsen G. Patterns of internationalization and criteria for research assessment in the social sciences and humanities. *Scientometrics*, 2016, 107, pp. 357-368, available at: <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1845-1>

17. Cahill, M.B., Sánchez, N. Using principal components to produce an economic and social development index: An application to Latin America and the U.S. *Atlantic Economic Journal*, 2001, 29, pp. 311-329, available at: <https://doi.org/10.1007/BF02300552>

18. Kim D., Kim S. Comparing patterns of component loadings: Principal Component Analysis (PCA) versus Independent Component Analysis (ICA) in analyzing multivariate non-normal data. *Behav Res.*, 2012, 44, pp. 1239-1243, available at: <https://doi.org/10.3758/s13428-012-0193-1>

19. Healey N.M. Is higher education in really ‘internationalising’? *High Educ.*, 2008, 55, p. 333-355, available at: <https://doi.org/10.1007/s10734-007-9058-4>
20. Schubert T., Baier E., Rammer C. Firm capabilities, technological dynamism and the internationalisation of innovation: A behavioural approach. *J. Int Bus Stud.*, 2018, 49, pp. 70-95, available at: <https://doi.org/10.1057/s41267-017-0101-0>
21. Kolomiets A., Grinchenkov D., Vodenko, K PEST- and SWOT-analysis of university internationalization factors. *Journal of Physics. Conference Series*, 2019, vol. 1415.
22. Eliseeva I.I. Gruppировка, korreliatsiia, raspoznavanie obrazov: statisticheskie metody klassifikatsii i izmereniia svyazei [Grouping, correlation, pattern recognition: statistical methods for classifying and measuring relationships]. Moscow: Statistika, 1977, 143 p.
23. Solonin S.I. Metod kontrol'nykh kart [Control chart method]. Moscow: Directmedia, 2016, 215 p.
24. Chinnasamy Jayakumar. Internationalisation in Scottish Higher Education: Educators' Perspectives on Constructing the Internationalised University, 2018.
25. Young T., Handford M., Schartner A. The internationalizing university: an intercultural endeavor? *Journal of Multilingual and Multicultural Development*, 2016. DOI: 1-3.10.1080/01434632.2015.1134547

### Сведения об авторе

**Кривцун Анастасия Витальевна** (Новочеркасск, Россия) – старший преподаватель кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии» Южно-Российского государственного политехнического университета им. М.И. Платова (НПИ) (346428, Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, e-mail: [anastasia.srstu@gmail.com](mailto:anastasia.srstu@gmail.com)).

### About the author

**Anastasia V. Krivtsun** (Novocherkassk, Russia) – Senior Lecturer of the Department for Information systems and technologies, SRSPU (NPI) (346428, Novocherkassk, 132, Prosveshcheniya str., e-mail: [anastasia.srstu@gmail.com](mailto:anastasia.srstu@gmail.com)).

Получено 12.10.2020