

УДК 378.146

Анализ траектории обучения студентов  
по результатам тестирования

Безруков А.И.

Погожилъская Г.Г.

An analysis of the trajectory of student learning on the test results

Aleksei I. Bezrukov

Galina G. Pogozhilskaaya

Процесс обучения в ВУЗе, фактически, формирование из вчерашнего школьника специалиста, способного к самостоятельной работе. Этот процесс зависит от множества субъективных и объективных факторов [13]. Среди них: способности и мотивация обучающегося, имеющийся у него багаж знаний и компетенций (умение применить имеющиеся знания на практике), искусство преподавателей и эффективность учебного процесса. При этом субъективные факторы, как правило, являются латентными (скрытыми), они проявляются только как успешность специалиста: его поведение в обществе, в том числе в трудных ситуациях; умение решать практические задачи и т.д. Оперативный анализ достигнутого уровня компетентности является «скользящим» местом системы управления учебным процессом, поэтому, проблема оперативной оценки компетенций студентов и анализа динамики их изменения является весьма актуальной и её решению посвящено множество публикаций. [4, 6, 7, 9, 10, 12, 16, 20].

Одним из относительно простых методов, позволяющих дать объективную оценку уровня подготовленности студентов, является тестирование. Относительно низкая трудоемкость этого метода и возможность автоматизации делают его все более популярным. К настоящему времени разработано множество автоматизированных систем тестирования [19], но фактическими стандартами являются: адаптивная среда тестирования (АСТ), позволяющая включить тестирование в учебный процесс и «Федеральный Интернет-экзамен

в сфере профессионального образования» (ФЭПО), ориентированный на проведение независимой внешней оценки результатов обучения студентов в рамках требований ФГОС.

Базы данных систем тестирования содержат информацию, как о самих тестах, так и о результатах тестирования. К сожалению, в практике управления учебным процессом, из этой обширной информации используется только малая часть: сведения о том, какую оценку получил студент по данному тесту. Какую еще полезную для управления информацию можно получить из базы данных? ВУЗовская система тестирования используется, как правило, для оценки знаний студентов по многим предметам, следовательно, можно сопоставить результаты тестирования одного студента по разным предметам и оценить его «профиль знаний». Тестирование по одному предмету, также обычно, проводится несколько раз за период обучения, поэтому мы можем оценить динамику, изменение во времени уровня подготовленности студента по этой дисциплине. Кроме индивидуальных данных, аналогичные зависимости будут полезны для данных, усредненных по учебной группе, дисциплине, преподавателю и т.д. Отметим, что для того, чтобы их использовать, данные должны быть выражены в сопоставимом виде.

В большинстве систем тестирования для оценки результатов используются три метода [19]:

- 1) по количеству правильно решенных заданий без учета их трудностей;
- 2) по количеству правильно решенных заданий с учетом тематики задания;
- 3) с учетом меры трудности каждого задания, вычисляется сумма трудностей правильно решенных заданий.

Далее проводится рейтинговая оценка результата: сумма набранных баллов сопоставляется с таблицей. Нетрудно заметить, что полученные таким способом оценки результатов различных тестов будут несопоставимыми.

В теории педагогических измерений [1, 21, 22] предлагается измерять трудность задания и уровень подготовленности студента в одинаковых

единицах – логитах. Такая оценка более объективная, чем экспертно заданные веса заданий. В качестве метода оценки результатов тестирования предлагается использовать метод максимального правдоподобия [2, 7]. Многочисленные исследования [3, 5, 14, 15] показали, что этот метод дает наилучшие результаты. В диссертационной работе одного из авторов АСТ Т.Н. Тягуновой [20] дается критика применения квалиметрических методов для оценок уровня подготовленности студента. Приводятся следующие аргументы: изучаемые объекты неоднородны и взаимозависимы, что противоречит предположениям квалиметрических моделей. Эти возражения справедливы, когда речь идет о сопоставлении качества различных ВУЗов, однако, при сопоставлении трудностей заданий они не верны. Наши исследования показали, что коэффициенты корреляции между различными заданиями, как правило, находятся в диапазоне  $\pm 0,2$ . Таким образом, события выполнения заданий можно считать статистически независимыми, а применение метода максимального правдоподобия обоснованным. Более того, анализ единичных случаев статистически зависимых пар заданий, показал, что это или разные словесные формулировки одного и того же задания, или логически связанные задания. Система тестирования или не должна вставлять такие пары в один тест, или использовать их специальным образом, например, для оценки достоверности ответов тестируемого (как это часто делается в психологических тестах).

Итак, база данных системы тестирования содержит информацию, весьма полезную для управления учебным процессом. К сожалению, база данных, содержащая информацию о результатах тестирования, в системе АСТ является ее больным местом. Отказавшись от использования профессиональной СУБД, разработчики столкнулись с серьезными проблемами обеспечения целостности данных, уборки информационного «мусора», удобного манипулирования и представления данных для решения различных задач. В результате, качество базы данных АСТ оставляет желать лучшего. Логика данных не вполне соответствует отношению сущностей предметной области, а самодельный

формат данных затрудняет применение языка структурированных запросов (SQL), что существенно усложняет обработку и представление данных. Отсутствие надежного механизма обеспечения целостности данных, приводит к большому числу «висящих ссылок», «мусорных данных» и т.д. Все это снижает достоверность данных и требует их специальной обработки перед использованием.

Формат данных в базе АСТ близок к формату Access, поэтому для упрощения доступа к данным мы конвертировали базу в Access, а с помощью специальных процедур выявили и удалили «мусор». Для хранения данных о сложности запроса в базу была добавлена таблица, в которой каждому заданию, вне зависимости от того, в каком банке заданий оно находится, присваивается уникальный код и вычисляется сложность в логитах. По мере пополнения базы эта таблица пересчитывается. Таким образом, сущность «тестовое задание» получила естественное отражение в логической модели базы данных. В дальнейшем планируется хранить в этой таблице такие свойства заданий как, принадлежность тематике, нетривиальность, практическая значимость и т.д. Это позволит применять методы обработки, основанные на расширенной модели Раша [14, 15, 17].

Для визуализации данных о профиле студента и динамики изменения результатов тестирования нами разработан инструмент, базирующийся на книге Excel снабженной программой, написанной на языке VBA. Программа вызывает диалоговое окно, позволяющее выбрать для анализа информацию о конкретном студенте, прошедшем тестирование. После выбора студента, программа формирует запрос к базе данных обо всех результатах тестирования данного студента. Методом максимального правдоподобия оценивается результат каждого теста [8, 11, 17, 18], и вся эта информация записывается на отдельный лист «Анализ». Далее программа строит график «Профиль студента» (рис.1), а для каждой дисциплины, по которой студент тестировался не менее двух раз, строится график «Динамика успеваемости по дисциплине» (рис.2).

График «Профиль студента» показывает соотношение успехов студента в изучении различных дисциплин. График строится, только если студент проходил тестирование более чем по одной дисциплине. Анализ графика поможет выявить проблемы данного студента, откорректировать траекторию его дальнейшего обучения. Чтобы обеспечить сопоставимость результатов тестирования по различным дисциплинам, результаты пересчитываются по формуле:

$$L' = \frac{(L - \text{MinLogit})}{(\text{MaxLogit} - \text{MinLogit})} \quad (1)$$

где:  $L'$  – результат тестирования по дисциплине, выраженный в сопоставимом виде;  $L$  – исходный результат тестирования по дисциплине;  $\text{MinLogit}$  и  $\text{MaxLogit}$  соответственно минимальная и максимальная трудности заданий по данной дисциплине (банку тестовых заданий).

График позволяет сопоставить успехи студента по различным дисциплинам и сформировать индивидуальную стратегию его обучения. Например, в нашем примере, студенту явно не хватает знаний по информатике.



Рис.1. Лепестковая диаграмма «Профиль студента»

График «Динамика успеваемости по дисциплине...» демонстрирует, как изменяется успеваемость студента по выбранной дисциплине во времени. Множество точек в диапазоне от 11 до 15 декабря показывает, что студент каждый день проводил тестирование в преддверии сессии. Разброс результатов

показывает бессмысленность многократного тестирования в течение короткого времени.



Рис.2. График «Динамика успеваемости по дисциплине»

Предлагаемый инструмент позволяет представить в наглядном виде результаты тестирования каждого студента, когда-либо проходившего тестирование в системе АСТ ВУЗА. Инструмент реализован в виде программы на языке VBA, которая позволяет запрашивать необходимую информацию из базы данных системы тестирования и представлять ее в удобном для анализа и принятия решений виде.

Описанный в данной статье инструмент вместе с инструментарием, описанным в нашей предыдущей публикации, может служить прототипами новых модулей в программном обеспечении системы АСТ. Развитие программного обеспечения АСТ, включая программную реализацию описанных инструментов, существенно повысит качество тестов и позволит преподавателям оперативно управлять учебным процессом.

Работа поддержана грантом РФФИ 14-06-00339

#### Литература:

1. Аванесов В.С. Научные основы тестового контроля знаний. - М.: Иссл. центр, 1994
2. Безруков А.И., Погожилская Г.Г. Методы анализа результатов тестирования // Математическое моделирование в экономике, страховании и управлении рисками, 2015, 1. - С.15-18.
3. Большаков А.А., Вешнева И.В., Мельников Л.А., Перова Л.Г. Метод оценки профессиональных компетенций, основанный на лингвистическом подходе для системы

управления вузом // Системы управления и информационные технологии. 2013. Т. 52. № 2.1. С. 116-120.

4. Гусятников В.Н., Безруков А.И. Методы оценки компетенций по результатам тестирования // Наука и общество. 2012. № 5. С. 9-13.

5. Гусятников В.Н., Безруков А.И., Каюкова И.В. Количественные методы оценки уровня компетенций для систем управления качеством образования // Современные технологии управления. 2015. № 3 (51). С. 30-35.

6. Гусятников В.Н., Безруков А.И., Каюкова И.В. Модели для оценки и прогнозирования уровня компетенций // Наука и образование в XXI веке. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 34 частях. 2013. С. 34-36.

7. Гусятников В.Н., Безруков А.И., Каюкова И.В. Оценка метрологических характеристик тестов для измерения уровня компетенций // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. Материалы 3-й научно-практической internet-конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; Тольяттинский государственный университет; Научно-образовательный центр «Математические модели и теоретические основы классической и квантовой информатики»; ответственный редактор: Нагорнов Ю.С.. Ульяновск, 2014. С. 171-176.

8. Гусятников В.Н., Безруков А.И., Каюкова И.В. Количественные методы оценки уровня компетенций для систем управления качеством образования // Современные технологии управления. 2015. № 3 (51). С. 30-35.

9. Гусятников В.Н., Каюкова И.В., Соколова Т.Н. Статистические методы формирования банков тестовых заданий // Математическое моделирование в экономике, страховании и управлении рисками, 2015, 2. - С.66-71.

10. Гусятников В.Н., Безруков А.И., Соколова Т.Н. Инструменты интеграции систем управления качеством в образовательный процесс // Интеграция образования. 2010. № 4. С. 16-19.

11. Гусятников В.Н., Безруков А.И., Соколова Т.Н. Проблемы формирования компетенций в области информационной безопасности // Информационная безопасность регионов. 2014. № 2. С. 27-31.

12. Гусятников В.Н., Митрофанов А.Ю., Дьякова Т.В., Носова Е.Г. Модели для анализа качества образовательного процесса по результатам тестирования // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2010. № 5. С. 148-151.

13. Емельянова И. Н. Формирование и оценка качества профессионального образования в контексте компетентностной модели обучения // Образование и наука. 2015. № 1 (120) с 65-67.

14. Каюкова И.В. Разработка математических методов и моделей анализа и прогнозирования качества обучения в вузе на основе компетентностного подхода. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.13 / Волгоградский государственный технический университет. Волгоград, 2014.

15. Каюкова И.В. Методика оценки и прогнозирования уровня формируемых компетенций // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2012. № 4 (43). С. 148-151.

16. Каюкова И.В. Модели для оценки уровня достижения компетенций по результатам тестирования // Наука и общество. 2011. № 1. С. 24-27.

17. Каюкова И.В. Прогнозирование уровня компетенций на основе модели Раша // Экономическое прогнозирование: модели и методы материалы IX Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.В. Давниса, В.И. Тиняковой. 2013. С. 143-144

18. Каюкова И.В. Математическое моделирование вероятности проявления компетенций выпускниками вузов // Современные исследования в области естественных и технических наук: междисциплинарный поиск и интеграция. Материалы научно-практической

всероссийской конференции (школы-семинара) молодых ученых. ФГБОУ ВПО "Тольяттинский государственный университет". Ульяновск, 2012. С. 44-51.

19. Спичков А.В. Разработка платформенно-независимого варианта адаптивной среды тестирования. [http://www.ict.edu.ru/ft/003267/msiu10\\_1\\_3.pdf](http://www.ict.edu.ru/ft/003267/msiu10_1_3.pdf)

20. Тягунова Т.Н. Разработка моделей и алгоритмов оценки качества деятельности образовательных организаций: автореф. Т.Н. Тягунова кандидат технических наук: 05.13.17; Москва, 2004 г. 135 с.

21. Чельшкова М.Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: Учебное пособие. – М.: Логос, 2002. -432 с.

22. Birnbaum A. Some Latent Trait Models and Their Use in Inferring and Examinee's Ability. In Lord F.M., Novick M. Statistical Theories of Mental Test Scores. Addison-Wesley Publ. Co. Reading, Mass, 1968. -P.397-479.

#### **References:**

1. Avanesov V. Scientific basis of test knowledge control. - М.: Inst. center, 1994
2. A. Bezrukov, Pogozhinskaya G. Methods for analyzing test results // Mathematical modeling in economics, Insurance and Risk Management, 2015, 1 - P.15-18.
3. A. Bolshakov, Veshneva I. Melnikov AL, Perova L. Method of estimation of professional competence, based on the linguistic approach to the system of university management // Control systems and information technology. 2013. Т. 52. № 2.1. Pp 116-120.
4. Gusyatinov V. Bezrukov A. Methods for assessing competencies by testing // Science and Society. 2012. № 5. P. 9-13.
5. Gusyatinov V. Bezrukov A. Kayukova I. Quantitative methods of assessing the level of competence for quality management systems of education // Modern technologies of management. 2015. № 3 (51). P. 30-35.
6. Gusyatinov V. Bezrukov A. Kayukova I. Models for assessing and forecasting the level of competence // Science and education in the XXI century. Collection of scientific papers on the materials of the International scientific-practical conference: 34 parts. 2013. pp 34-36.
7. Gusyatinov V. Bezrukov A. Kayukova I. Evaluation of metrological characteristics of tests to measure the level of competencies // Interdisciplinary Research in the field of mathematical modeling and computer science. Proceedings of the 3rd scientific and practical internet-conference. Ministry of Education and Science; Togliatti State University; Research and Education Center "Mathematical models and theoretical foundations of classical and quantum information"; Executive Editor: Nagorno YS .. Ulyanovsk, 2014. P. 171-176.
8. Gusyatinov V. Bezrukov A. Kayukova I. Quantitative methods of assessing the level of competence for quality management systems of education // Modern technologies of management. 2015. № 3 (51). P. 30-35.
9. Gusyatinov V. Kayukova I. Sokolova T. Statistical methods of formation of bank of test tasks // Mathematical modeling in economics, insurance and risk management, 2015, 2 - P.66-71.
10. Gusyatinov V. Bezrukov A. Sokolova T. Tools integration of quality management systems in educational process // Integration of education. 2010. № 4. P. 16-19.
11. Gusyatinov V. Bezrukov A. Sokolova T. Problems of formation of competence in information security // Information security regions. 2014. № 2. pp 27-31.
12. Gusyatinov V. Mitrofanov, A., T. Dyakov, Nosov E. models to analyze the quality of the educational process on the test results // Bulletin of Saratov State Socio-Economic University. 2010. № 5. P. 148-151.
13. Emelyanov I. Formation and evaluation of the quality of vocational training in the context of the competency model training // Education and science. 2015. № 1 (120) P. 65-67.
14. Kayukova I. Development of mathematical methods and models for analyzing and predicting the quality of teaching in high school on the basis of competence approach. The



- thesis for the degree of candidate of economic sciences: 08.00.13 / Volgograd State Technical University. Volgograd, 2014.
15. Kayukova I. Methods of assessing and forecasting the level of formed competencies // Bulletin of Saratov State Socio-Economic University. 2012. № 4 (43). Pp 148-151.
  16. Kayukova I. models to assess the level of achievement of competencies based on the results of testing // Science and Society. 2011. № 1. pp 24-27.
  17. Kayukova I. Predicting the level of competence based on the model Rush // Economic Forecasting: models and methods Materials IX International scientific-practical conference. Edited by VV Davnis, VI Tinyakova. 2013. pp 143-144
  18. Kayukova I. Mathematical modeling of the probability of university graduates competencies // Current research in the natural sciences and engineering: an interdisciplinary search and integration. Proceedings of the All-Russian Conference (Summer School) young scientists. VPO "Togliatti State University." Ulyanovsk, 2012. P. 44-51.
  19. Spichkov A. Development of a platform-independent version of the adaptive test environment. [http://www.ict.edu.ru/ft/003267/msiu10\\_1\\_3.pdf](http://www.ict.edu.ru/ft/003267/msiu10_1_3.pdf)
  20. Tyagunova T. Development of models and algorithms to assess the quality of educational institutions: Author. TN Tyagunova candidate engineering science: 05.13.17; Moscow, 2004. 135 pp.
  21. Chelyshkova M. Theory and practice of designing pedagogical tests: Textbook. - М .: Logos, 2002. -432 p.
  22. Birnbaum A. Some Latent Trait Models and Their Use in Inferring and Examinee's Ability. In Lord FM, Novick M. Statistical Theories of Mental Test Scores. Addison-Wesley Publ. Co. Reading, Mass, 1968. -P.397-479.

Безруков Алексей Иосифович

Кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики и информатики

Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ им Г.В. Плеханова

Ул. Радищева 89, г. Саратов

E-mail: bezr\_Alex@mail.ru тел.:(8452)21-17-68

Погожилская Галина Георговна

Студент Саратовского социально-экономического института (филиал) РЭУ им Г.В. Плеханова

Ул. Радищева 89, г. Саратов

E-mail: galina.pog@inbox.ru

Bezrukov Aleksei

Ph.D. in Economics, docent

Department of Applied Mathematics and Computer Science

Plekhanov Russian University of Economics, Saratov Socio-Economic Institute

E-mail: bezr\_alex@mail.ru Phone(8452)21-17-68

Pogozhilskaaya Galina

Student Plekhanov Russian University of Economics, Saratov Socio-Economic Institute

E-mail:galina.pog@inbox.ru

**Аннотация:** В статье описываются инструменты визуализации таких характеристик траектории обучения студента как соотношение успехов, достигнутых в изучении различных дисциплин (профиль студента) и динамика его успехов в изучении одной дисциплины (динамика успеваемости по дисциплине). Исходной информацией для визуализации являются данные,

хранящиеся в базе данных адаптивной системы тестирования АСТ. Для обеспечения доступа к указанной информации база данных АСТ была конвертирована в формат Access. С помощью специальных процедур, реализованных средствами Access, были выявлены и устранены многочисленные ошибки, связанные с нарушением целостности данных. Трудность каждого тестового задания была определена в логитах по результатам его выполнения. Для каждого банка тестовых заданий был определен диапазон трудностей (от самого простого, до самого трудного задания в банке). Результат выполнения каждого теста оценивался в логитах методом максимального правдоподобия.

Это дало возможность представить в сопоставимом виде соотношение успешности изучения всех дисциплин, по которым тестировался данный студент. Если студент тестировался по одной дисциплине (т.е. по заданиям из одного банка тестовых заданий) несколько раз, строится график «Динамика успеваемости по дисциплине...».

Предлагаемая визуализация позволяет проанализировать траекторию обучения студента и принять решения по оперативному управлению как индивидуальным, так и коллективным учебным процессом. Применение инструмента позволит повысить информативность результатов тестирования, а решения, принятые с его помощью, повысят качество и управляемость учебным процессом.

Программный инструмент реализован в виде книги Excel, снабженной программой, написанной на языке VBA.

**Ключевые слова:** автоматизированная система тестирования, накопление результатов тестирования, база данных АСТ, визуализация результатов тестирования, траектория обучения студента, оперативное управление учебным процессом, управление качеством учебного процесса, метод максимального правдоподобия.

**Abstract:** This article describes the visualization tools such characteristics trajectory of student learning as the ratio of the achievements in the study of various disciplines (the profile of the student) and the dynamics of its success in the study of one discipline (the dynamics of progress on discipline). The input to the imaging data is stored in the database of the adaptive testing system "AST". To provide access to this information database AST was converted into the format of Access. With help the special procedure implemented by means of Access, was identified and corrected numerous errors in the data related to violation of the integrity of the data. The difficulty of each test task (in logit ) has been identified by the results of its execution. For each bank of test items has been defined range of difficulty (from the simplest to the most difficult job in the bank). The result of each test was evaluated in logit by maximum likelihood method.

This gave the opportunity to present in a comparable ratio of successful study of all subjects in which the student was tested. If a student is tested on one discipline (with use the tasks from one bank of test items) repeatedly plotted "Dynamics of progress on discipline ...".

Offered visualization allows us to analyze the trajectory of student learning and make decisions on the operational management of both individual and collective learning process. Use of the tool will enhance the information content of the test results, and the decisions taken with use it, allow improving and controlling the learning process. The software tool had implemented in sheet book form Excel, equipped with a program written in VBA.

**Keywords:** automated testing system, the accumulation of test results, the database AST, visualization of the test results, the trajectory of student learning, operational management of educational process, quality management of educational process, maximum likelihood method.

Гусятников Виктор Николаевич  
Доктор физико-математических наук, профессор  
Заведующий кафедрой прикладной математики и информатики  
Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ им Г.В. Плеханова  
Ул. Радищева 89, г. Саратов

Gusyatnikov Victor  
Doctor of science in Physics and Mathematics  
Head of Department of Applied Mathematics and Computer Science  
Plekhanov Russian University of Economics, Saratov Socio-Economic Institute