

Управление в организационных системах (2.3.4. технические науки)

Научная статья

УДК 519.21

doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.34.32.022

Использование латентных переменных для оценки динамики развития групповых результатов обучающихся

Роман Валентинович Кузьменко^{1,2}

Елена Васильевна Корчагина¹

Владимир Викторович Корчагин¹

Карина Андреевна Кузнецова¹

¹Воронежский институт ФСИИ России, г. Воронеж, Россия

²Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

Автор ответственный за переписку: Роман Валентинович Кузьменко e-mail:

roman_kuzmenko@inbox.ru

Аннотация. Для оценки результатов образовательного процесса важную роль играет отслеживание динамики групповых результатов обучающихся в течение обучения. На основании этой оценки можно вносить корректуры в проведение образовательного процесса и прогнозировать уровень конечной подготовки выпускников. Однако ее проведение отнюдь не является тривиальной задачей, поскольку обычно используемый для этого метод подсчета суммарного балла, полученного обучающимися из группы по результатам промежуточной аттестации (экзаменов) с учетом нормировки на число экзаменов, имеет два существенных недостатка: во-первых, шкала оценивания, содержащая всего лишь три положительные оценки, не оставляет преподавателю свободы для более точного (чувствительного) оценивания результатов обучения; во-вторых, практически любой экзаменатор зачастую субъективен как в отношении подбора экзаменационных заданий, так и в отношении оценивания результатов. В результате этого данный метод может привести к формированию искаженной или даже ошибочной картины. В связи с этим в статье предлагается методика оценки динамики развития групповых промежуточных результатов образовательного процесса на основании использования латентных переменных. Латентные переменные позволяют провести более объективную оценку фактической сложности экзаменов и тем самым сформировать более реальные показатели результативности. Применение модели, продемонстрировано на примере результатов группы специалистов, обучавшейся с первого по пятый курс.

Ключевые слова: оценивание результатов образовательного процесса, измерение латентных переменных, модель Раша

Для цитирования: Кузьменко Р.В., Корчагина Е.В., Корчагин В.В., Кузнецова К.А. Использование латентных переменных для оценки динамики развития групповых результатов обучающихся // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 2 (33). С. 24-33. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.34.32.022>

Original article

Using of latent variables to assess the dynamics of development of students group results

Roman V. Kuzmenko^{1,2}

*Elena V. Korchagina*¹

*Vladimir V. Korchagin*¹

*Karina A. Kuznetsova*¹

¹*Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh, Russia*

²*Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

Corresponding author: Roman V. Kuzmenko, e-mail: roman_kuzmenko@inbox.ru

Abstract. To assess the results of the educational process, tracking the dynamics of students' group results during training plays an important role. Based on this assessment, it is possible to make adjustments to the educational process and predict the level of final training of graduates. However, its implementation is by no means a trivial task, since the method usually used for calculating the total score received by students from a group based on the results of intermediate certification (exams), taking into account normalization by the number of exams, has two significant drawbacks: firstly, the grading scale containing only three positive assessments do not leave the teacher freedom for a more accurate (sensitive) assessment of learning outcomes; secondly, almost any examiner is often subjective both in relation to the selection of examination tasks and in relation to the assessment of results. As a result, this method can lead to the formation of a distorted or even erroneous picture. In this regard, the article proposes a methodology for assessing the dynamics of development of group intermediate results of the educational process based on the use of latent variables. Latent variables allow for a more objective assessment of the actual difficulty of exams and thereby create more realistic performance indicators. The application of the model is demonstrated by the example of the results of a group of specialists who studied from the first to the fifth year.

Keywords: assessment of the results of the educational process, measurement of latent variables, Rasch model

For Citation: Kuzmenko R.V., Korchagina E.V., Korchagin V.V., Kuznetsova K.A. Using latent variables to assess the dynamics of the development of group results of students // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2024; № 2 (33). С. 24-33. (In Russ.). <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.34.32.022>

Введение

Для деканатов, и, в первую очередь, руководства выпускающих кафедр важную роль играет оценка динамики развития групповых результатов обучающихся в течение всего времени обучения. Например, на основании этой оценки можно будет сделать предположения об уровне и качестве будущих выпускных квалификационных работ, и в случае отрицательной динамики принять корректирующие меры. Между тем проведение этой оценки не является такой уж тривиальной задачей, как это может показаться на первый взгляд.

В настоящее время для отслеживания динамики групповых результатов обучения используется метод подсчета суммарного балла, полученного обучающимися из группы по результатам промежуточной аттестации (межсессионных экзаменов) с учетом нормировки на количество экзаменов. Однако данный метод имеет два существенных недостатка:

– во-первых, шкала оценивания, содержащая всего лишь три положительные оценки, не оставляет преподавателю свободы для более точного (чувствительного) оценивания результатов обучения. Например, если результаты обучающегося находятся на уровне 3,5, то преподаватель вынужден осуществить округление в ту или иную сторону, что будет либо занижением, либо завышением результата. В связи с этим значительное число иностранных государств уже давно перешли на шкалы, содержащие 10 и даже большее число оценок.

– во-вторых, экзаменатор, даже если он пытается проявить объективность, зачастую субъективен как в отношении подбора экзаменационных заданий, так и в отношении оценивания результатов. Например, как провести оценку решения задачи, если она решена наполовину. Или, например, как поступить в том случае, если подбор очень сложных заданий приводит к ухудшению итогового результата.

Таким образом, использование итогового результата, как это будет показано ниже, может привести к формированию искаженной или даже ошибочной картины развития групповой динамики.

Выходом из сложившейся ситуации могло бы быть использование модели Раша расчета латентных переменных [1-3], которые неоднократно доказали свою эффективность для оценки результатов образовательного процесса (см., например, [4-6]). Предлагаемый в статье алгоритм будет основываться на теории использования латентных переменных для результатов тестирования.

Под латентными переменными понимают значимые для исследования переменные, измерение которых при проведении эксперимента в явном виде невозможно. Несмотря на это, можно разработать относительно простые алгоритмы, которые на основании обработки фактически измеренных данных приведут к получению точных значений латентных переменных, причем полученные значения позволят более точно описать исследуемый процесс, чем имеющиеся статистические данные.

Рассмотрим алгоритм использования латентных переменных для оценки результатов тестирования. Предположим, что проводится тестирование N обучающихся на основании M заданий. Предположим, что для каждого из заданий введен максимальный балл или вес m_j (в нашем случае 5) с дискретной шкалой оценивания 2, 3, 4, 5. Фактический уровень сложности задания не имеет для модели никакого значения, т.е., в тесте также могут присутствовать заранее невыполнимые на «отлично» задания, или очень простые задания, за которые все обучающиеся получают оценку «отлично». Обозначим с помощью латентной переменной α_i фактический результат сдачи теста обучающимся. Пусть обучающийся с номером i получил за тестовые задания с номерами от 1 до M оценки b_{ij} , $j = 1, 2, \dots, M$. Для расчета фактического результата сдачи теста i -тым испытуемым α_i согласно модели Раша используем следующую формулу:

$$\alpha_i = \ln \left(\frac{\sum_{j=1}^M b_{ij}}{\sum_{j=1}^M m_j - \sum_{j=1}^M b_{ij}} \right) \quad (1)$$

В числителе (1) суммируются все полученные при тестировании баллы испытуемого, а в знаменателе этот результат вычитается из максимальной суммы баллов, которую он мог бы получить, если бы полностью выполнил все задания в рамках теста (в нашем случае число заданий, умноженное на 5). Теоретически значение α_i может изменяться от $-\infty$ (если не выполнено ни одно задание) до $+\infty$ (если все задания выполнены на максимальный балл).

Введенный показатель принципиально пока ничем не отличается от обычного аддитивного балла, поскольку он даст те же самые результаты ранжировки обучающихся, правда с иными значениями полученных результатов, и, соответствен, с иным значением группового результата. Поэтому в модель вводится вторая латентная переменная β_j , позволяющая установить фактическую сложность тестовых заданий

$$\beta_j = \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_j - \sum_{i=1}^N b_{ij}}{\sum_{i=1}^N b_{ij}} \right). \quad (2)$$

В числителе (2) из максимального балла по соответствующему тестовому заданию с номером j , просуммированному по числу испытуемых, вычитается сумма баллов, которые фактически были получены испытуемыми при его решении. В знаменателе (2) стоит фактическая сумма баллов, которые были получены испытуемыми при решении тестового задания j . Таким образом, значение β_j также может теоретически изменяться от $-\infty$ (если все задания выполнены на максимальный балл) до $+\infty$ (если не выполнено ни одно задание).

В отличие от переменной α_i , расчет значений β_j , позволяющих установить фактическую сложность тестового задания, возможен напрямую по результатам теста. Однако при этом возникает вопрос: как на основании полученных значений сложности заданий β_j можно было бы пересчитать полученные испытуемыми баллы $b_{ij}^{\text{новое}}$, которые в дальнейшем будут использованы для расчета значений $\alpha_i^{\text{новое}}$ с учетом фактической сложности тестовых заданий?

В работах [7-9] для расчета латентных переменных был использован метод наименьших квадратов. Недостатком данного метода является непрозрачность расчетов и проблемы с нахождением значений $b_{ij}^{\text{новое}}$. Поэтому в работах [4,10] был предложен более простой алгоритм решения этой задачи. Поскольку задания в тесте, в общем случае, имеют разные уровни сложности, использование одинакового максимального балла или веса m_j для всех заданий в тесте не является больше оправданным. В связи с этим на основании полученных значений β_j осуществим вначале перерасчет новых весов заданий $m_j^{\text{новое}}$ и, затем, полученных испытуемыми баллов $b_{ij}^{\text{новое}}$ в соответствии с новым весом задания. Фактически это означает, что мы уходим от пятибалльной шкалы оценивания и позволяем, кроме этого, принимать весам m_j дробные значения.

Для расчета новых весов заданий используем следующую процедуру. Из полученных значений β_j вычитаем значение $\beta_{j_{\min}}$, отвечающее самому простому заданию в тесте. Тем самым все новые значения $\beta_j^{\text{новое}}$, за исключением самого простого задания, независимо от предыдущих значений становятся положительными, а само $\beta_{j_{\min}}^{\text{новое}}$ становится равным нулю. Осуществим нормировку полученных значений $\beta_j^{\text{новое}}$ путем их деления на $\beta_{j_{\max}}^{\text{новое}}$. В результате значения $\beta_j^{\text{новое, нормированное}}$ будут простираются от 0 для самого простого задания до единицы до самого сложного задания. Теперь абсолютно произвольным образом вводим новые положительные значения максимального балла $m_{j_{\max}}^{\text{новое}}$, который получит самое сложное тестовое задание, и минимального балла $m_{j_{\min}}^{\text{новое}}$, который получит самое легкое тестовое задание. Произведем расчет новых весов заданий $m_j^{\text{новое}}$ путем умножения $\beta_j^{\text{новое, нормированное}}$ на множитель $(m_{j_{\max}}^{\text{новое}} - m_{j_{\min}}^{\text{новое}})$ и прибавления к полученному результату $m_{j_{\min}}^{\text{новое}}$. Тем самым самое сложное задание принимает максимальный вес, а самое простое – минимальный. Веса остальных заданий располагаются между этими значениями. Данные манипуляции являются абсолютно правомочными, поскольку, во-первых, мы не меняем ранг заданий, во-вторых, осуществляем растягивание шкалы, в-третьих, в расчетных формулах используются отношения значений, для которых просто используются пропорциональные шкалы с разными масштабами.

Пересчет баллов $b_{ij}^{\text{новое}}$, полученных при тестировании, с учетом новых максимальных оценочных баллов заданий может быть осуществлен путем использования формулы (3)

$$b_{i,j}^{\text{новое}} = \frac{b_{i,j}^{\text{старое}}}{m_j^{\text{старое}}} m_j^{\text{новое}} \quad (3)$$

На основании новых значений $b_{ij}^{новое}$ может быть осуществлен пересчет значений $\alpha_i^{новое}$ по формуле (1) для каждого испытуемого.

Применим теперь описанный алгоритм для оценки динамики развития групповых результатов обучающихся, считая экзаменационную сессию – тестом, а экзамен – тестовым заданием.

В таблице 1 представлен фрагмент итоговой таблицы успеваемости за 9 семестров одной группы курсантов из 24 человек. Для корректности расчетов была выбрана группа, из которой в течение процесса обучения не было отчислений за неуспеваемость. В связи с очень большим размером полная таблица не может быть приведена.

Полная Табл.1 и результаты расчетов могут быть высланы всем желающим по электронной почте в форме файла Excel. Нижняя строка в таблице содержит суммарный балл, полученный курсантами за соответствующий экзамен.

Табл.1. Фрагмент итоговой таблицы успеваемости за 9 семестров одной группы курсантов из 24 человек.

| Курсант номер | Экономика 1 | Математика 1 | Информатика 1 | Технические средства измерений 1 | Математика 2 | Физика 2 | Информатика 2 | Инженерная графика 2 | Философия 3 | Иностранный язык 3 | Математика 3 | Основы теории цепей 3 |
|---------------|-------------|--------------|---------------|----------------------------------|--------------|----------|---------------|----------------------|-------------|--------------------|--------------|-----------------------|
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 2 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 6 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 7 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 9 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 10 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 11 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 12 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 13 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 14 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 15 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 16 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 17 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 18 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 19 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 20 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 21 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 22 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 23 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 24 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| Суммы баллов | 92 | 88 | 97 | 84 | 92 | 94 | 100 | 91 | 91 | 95 | 92 | 92 |

Расчет значений α_i при помощи формулы (1) на основании значений полученных оценок из Табл.1 представлен в Табл.2. Поскольку в группе было несколько абсолютных отличников, что приводит к бесконечным значениям α_i , при использовании формулы (1) напрямую, суммарный максимальный балл за каждую промежуточную аттестацию независимо от числа экзаменов был увеличен на 1, что позволяет работать с конечными значениями α_i , не меняя общность расчетов или ранжирование отдельных курсантов по их результативности.

Табл.2. Первичные значения α_i , рассчитанные на основании данных из Табл.1.

| курсант номер | Семестр | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 2,996 | 2,996 | 2,996 | 3,555 | 2,708 | 3,219 | 3,401 | 3,555 | 3,689 |
| 2 | 1,792 | 2,996 | 2,996 | 3,555 | 2,708 | 3,219 | 3,401 | 3,555 | 3,689 |
| 3 | 0,288 | 0,693 | 0,288 | 0,956 | 0,511 | 0,636 | 0,894 | 0,821 | 1,003 |
| 4 | 0,486 | 0,288 | 0,486 | 0,693 | 0,788 | 0,636 | 0,598 | 0,821 | 2,225 |
| 5 | 0,693 | 0,288 | 1,447 | 2,398 | 0,788 | 2,037 | 1,232 | 0,956 | 1,974 |
| 6 | 0,486 | 0,486 | 0,486 | 0,693 | 0,251 | 0,999 | 1,427 | 3,555 | 3,689 |
| 7 | 0,288 | 0,693 | 0,288 | 0,956 | 0,788 | 1,204 | 1,056 | 0,956 | 1,580 |
| 8 | 0,693 | 1,792 | 0,486 | 1,099 | 1,466 | 1,705 | 1,910 | 2,079 | 2,970 |
| 9 | 1,447 | 1,792 | 1,163 | 1,253 | 1,099 | 1,705 | 1,910 | 2,079 | 2,539 |
| 10 | 0,693 | 0,288 | 0,288 | 0,452 | 0,251 | 0,636 | 0,598 | 0,571 | 1,580 |
| 11 | 0,288 | 0,916 | 0,288 | 0,693 | 0,251 | 0,811 | 0,742 | 0,821 | 1,974 |
| 12 | 1,447 | 1,447 | 0,916 | 0,956 | 0,251 | 0,811 | 1,649 | 1,825 | 1,974 |
| 13 | 2,996 | 2,251 | 1,792 | 2,398 | 1,466 | 2,037 | 3,401 | 3,555 | 2,539 |
| 14 | 1,163 | 1,163 | 0,916 | 1,253 | 1,099 | 2,037 | 1,427 | 0,956 | 1,974 |
| 15 | 0,693 | 0,486 | 0,486 | 0,571 | 0,788 | 1,705 | 1,910 | 2,079 | 2,970 |
| 16 | 2,996 | 2,251 | 2,996 | 3,555 | 2,708 | 3,219 | 3,401 | 3,555 | 3,689 |
| 17 | 0,693 | 0,693 | 1,163 | 1,099 | 0,511 | 2,037 | 0,598 | 1,421 | 1,764 |
| 18 | 0,288 | 0,486 | 0,486 | 0,452 | 0,251 | 0,811 | 0,598 | 0,956 | 1,580 |
| 19 | 2,996 | 2,996 | 2,996 | 3,555 | 2,708 | 3,219 | 3,401 | 2,398 | 3,689 |
| 20 | 0,486 | 0,916 | 1,792 | 1,609 | 1,099 | 1,705 | 1,649 | 2,079 | 1,974 |
| 21 | 0,288 | 0,486 | 1,447 | 1,421 | 1,099 | 1,435 | 1,649 | 1,825 | 2,539 |
| 22 | 0,693 | 0,693 | 0,288 | 0,571 | 0,251 | 0,636 | 0,598 | 0,336 | 1,131 |
| 23 | 0,693 | 1,447 | 0,916 | 1,609 | 1,466 | 3,219 | 2,674 | 2,079 | 2,970 |
| 24 | 1,163 | 2,251 | 1,792 | 0,956 | 1,099 | 0,811 | 0,742 | 0,821 | 1,580 |
| сумма значений α_i | 26,742 | 30,792 | 29,193 | 36,307 | 26,408 | 40,486 | 40,864 | 43,655 | 57,288 |

Последнюю строку в Табл.2 можно рассматривать как групповой результат сдачи группой промежуточной аттестации.

Осуществим расчет фактической сложности экзаменов на основании формулы (2) и определение новых весов экзаменов на основании формулы (3). При этом произвольным образом полагаем $m_{jmax}^{новое} = 25$, $m_{jmin}^{новое} = 3$ (значение 25 выбрано с целью растяжения шкалы для более точного графического представления различия в сложности экзаменов: соответствующий рисунок в статье не приводится из-за его очень большого размера по ширине). Табл.3 представляет собой фрагмент итоговой таблицы перерасчетов с учетом промежуточных вычислений, минимальное значение согласно вычислениям составляет $\beta_{jmin} = -3,66356$.

Табл.3. Расчет новых весов экзаменов

| | Экономика 1 | Математика 1 | Информатика 1 | Технические средства измерений 1 | Математика 2 | Физика 2 | Информатика 2 | Инженерная графика 2 |
|---|-------------|--------------|---------------|----------------------------------|--------------|----------|---------------|----------------------|
| расчет β_j на основании данных из таблицы 1 | -1,190 | -1,012 | -1,439 | -0,847 | -1,190 | -1,285 | -1,609 | -1,144 |
| старый максимальный балл | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 |
| $\beta_j^{новое} = \beta_j - \beta_{jmin}$ | 2,474 | 2,652 | 2,224 | 2,816 | 2,474 | 2,378 | 2,054 | 2,520 |
| $\beta_j^{новое, нормированное} \cdot x$ ($m_{jmax}^{новое} - m_{jmin}^{новое}$) | 19,326 | 20,717 | 17,376 | 22,000 | 19,326 | 18,579 | 16,046 | 19,686 |
| $m_j^{новое}$ | 22,326 | 23,717 | 20,376 | 25,000 | 22,326 | 21,579 | 19,046 | 22,686 |

Как и следовало ожидать, веса экзаменов приобрели дробные значения.

На основании полученных новых весов экзаменов осуществим перерасчет фактических результатов сдачи экзаменов обучающимися, т.е. по формуле (1) рассчитаем значения $\alpha_i^{новое}$ для каждой промежуточной аттестации. Результаты расчетов представлены в Табл.4.

Табл.4. Результаты перерасчета значений $\alpha_i^{новое}$ для каждого курсанта за каждый семестр.

| курсант номер | семестр | | | | | | | | |
|---------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 4,515 | 4,450 | 4,483 | 4,968 | 4,196 | 4,512 | 4,708 | 4,772 | 4,524 |
| 2 | 2,058 | 4,450 | 4,483 | 4,968 | 4,196 | 4,512 | 4,708 | 4,772 | 4,524 |
| 3 | 0,378 | 0,797 | 0,378 | 0,941 | 0,626 | 0,666 | 0,927 | 0,633 | 0,909 |
| 4 | 0,583 | 0,377 | 0,593 | 0,718 | 0,933 | 0,685 | 0,581 | 0,633 | 2,022 |
| 5 | 0,781 | 0,377 | 1,665 | 2,677 | 0,933 | 2,296 | 1,342 | 0,954 | 1,778 |
| 6 | 0,565 | 0,588 | 0,578 | 0,672 | 0,369 | 1,088 | 1,466 | 4,772 | 4,524 |
| 7 | 0,378 | 0,758 | 0,378 | 0,993 | 0,933 | 1,329 | 1,033 | 0,730 | 1,306 |
| 8 | 0,842 | 2,139 | 0,589 | 1,111 | 1,803 | 1,803 | 1,975 | 1,963 | 3,221 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 9 | 1,603 | 2,061 | 1,331 | 1,359 | 1,255 | 1,821 | 1,955 | 1,963 | 2,452 |
| 10 | 0,762 | 0,377 | 0,378 | 0,511 | 0,369 | 0,666 | 0,581 | 0,426 | 1,709 |
| 11 | 0,378 | 1,042 | 0,378 | 0,677 | 0,369 | 0,879 | 0,668 | 0,650 | 1,778 |
| 12 | 1,625 | 1,601 | 1,052 | 1,017 | 0,369 | 0,857 | 1,655 | 1,640 | 1,675 |
| 13 | 4,515 | 2,728 | 2,107 | 2,677 | 1,803 | 2,242 | 4,708 | 4,772 | 2,452 |
| 14 | 1,273 | 1,280 | 1,048 | 1,275 | 1,314 | 2,296 | 1,397 | 0,770 | 1,778 |
| 15 | 0,781 | 0,588 | 0,578 | 0,634 | 0,933 | 1,821 | 2,059 | 1,963 | 3,221 |
| 16 | 4,515 | 2,728 | 4,483 | 4,968 | 4,196 | 4,512 | 4,708 | 4,772 | 4,524 |
| 17 | 0,815 | 0,821 | 1,311 | 1,111 | 0,626 | 2,218 | 0,581 | 1,235 | 1,474 |
| 18 | 0,378 | 0,563 | 0,578 | 0,467 | 0,369 | 0,857 | 0,581 | 0,730 | 1,525 |
| 19 | 4,515 | 4,450 | 4,483 | 4,968 | 4,196 | 4,512 | 4,708 | 2,359 | 4,524 |
| 20 | 0,596 | 1,082 | 2,081 | 1,678 | 1,314 | 1,803 | 1,655 | 1,963 | 2,000 |
| 21 | 0,378 | 0,588 | 1,671 | 1,448 | 1,255 | 1,512 | 1,726 | 1,640 | 2,497 |
| 22 | 0,781 | 0,758 | 0,378 | 0,593 | 0,369 | 0,666 | 0,581 | 0,385 | 0,862 |
| 23 | 0,781 | 1,620 | 1,048 | 1,678 | 1,803 | 4,512 | 2,998 | 1,963 | 3,221 |
| 24 | 1,273 | 2,684 | 2,099 | 1,012 | 1,255 | 0,857 | 0,750 | 0,633 | 1,554 |
| сумма значений $\alpha_i^{новое}$ | 35,075 | 38,906 | 38,153 | 43,122 | 35,782 | 48,924 | 48,058 | 47,092 | 60,054 |

Осуществим посеместровое сопоставление суммарных групповых значений α_i , полученных на основании исходных и пересчитанных максимальных баллов для каждого экзамена. Используем для этого суммарные значения из Табл.2 и 4. Результаты сопоставления представлены на Рисунке.

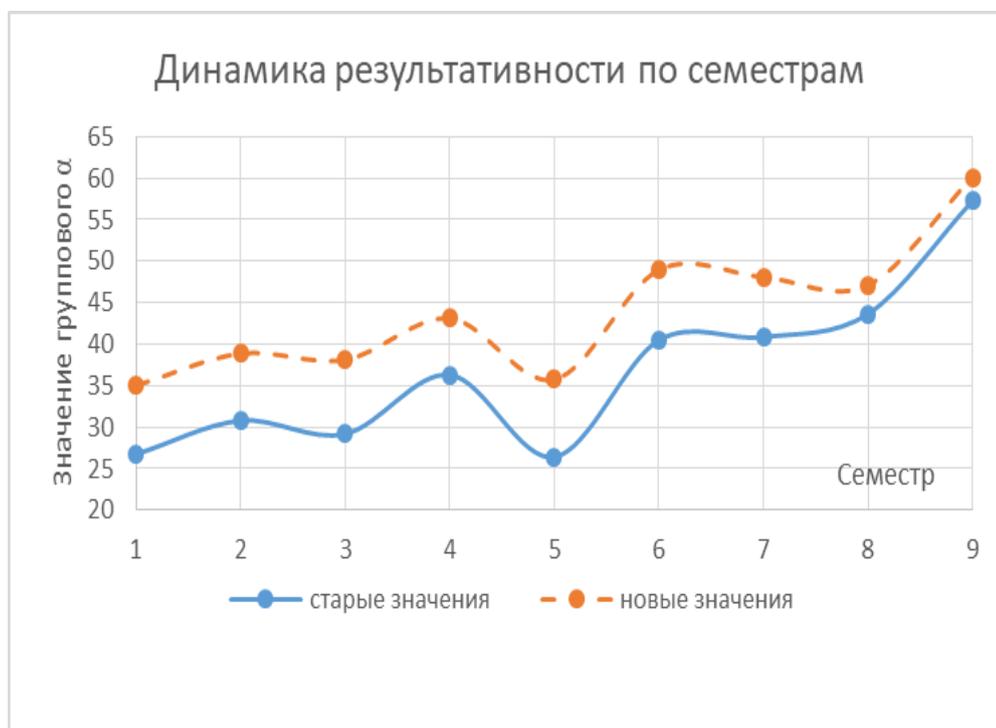


Рисунок. Посеместровая динамика развития групповых результатов обучающихся, рассчитанная на основе пятибалльной шкалы (сплошная линия) и на основе пересчитанных значений весов отдельных экзаменов (штрихованная линия).

На основании проведенного исследования в отношении результатов сдачи промежуточной аттестации *конкретной группы курсантов* можно сделать следующие выводы:

1. В исследованном случае оценка суммарного результата группы на основании пятибалльной шкалы приводит к занижению фактической результативности группы, что, по все видимости, связано с субъективным оцениванием результатов сдачи наиболее трудных для группы экзаменов.

2. Оценка динамики развития суммарного результата группы в период с 6-го по 8-й семестр двумя методами приводит к полностью противоположным выводам: на основе суммарного результата по пятибалльной шкале фиксируется рост результативности, хотя фактически наблюдается ее спад.

3. На основании пятибалльной шкалы результат за пятый семестр является наиболее провальным, хотя фактически худший результат был показан в первом семестре, что легко объяснить проблемами адаптации курсантов к обучению в учебном заведении силовых структур.

Таким образом, предложена методика использования латентных переменных, которая позволяет произвести более объективную количественную оценку динамики развития групповых результатов обучающихся по сравнению с оцениванием на основе простого суммирования полученных оценок. Данный результат, в свою очередь, позволит сделать более обоснованные предположения об уровне и качестве будущих выпускных квалификационных работ, и в случае отрицательной динамики принять корректирующие меры.

Список литературы

1. Раш Г. Вероятностные модели для некоторых тестов интеллекта и достижений / Г. Раш.- Копенгаген, Дания: Датский институт исследований в области образования, 1960. - 160 с.
2. Маслак А.А. Модель Раша оценки латентных переменных и ее свойства. Монография / Маслак А.А., Моисеев С.И.. – Воронеж: НПЦ «Научная книга», 2016. – 177 с.
3. Райт Б.Д. Решение задачи измерения с помощью модели Раша / Б.Д. Райт // Журнал образовательных измерений. – 1977. – Т.14, N 2. – С. 97 – 116.
4. Кузьменко Р.В. Оценка результатов образовательного процесса вуза с помощью латентных переменных/ Кузьменко Р.В., Моисеев С.И., Сукачев А.И., Богданова С.Ю. // Вестник Воронежского института ФСИИ России. 2020. - №1. - С. 92-101.
5. Летова Л.В. Объективные измерения и моделирование латентных величин в образовании / Летова Л.В. // Образование и наука. 2013. № 8 (107). – С. 75-87.
6. Кузьменко Р.В. Анализ возможности прогнозирования результата стрельбы/ Кузьменко Р.В., Андреева Н.А., Корчагина Е.В., Холодов О.М. // Вестник Воронежского института ФСИИ России. 2023. - №1. - С. 72-82.
7. Моисеев С.И. Модель Раша оценки латентных переменных, основанная на методе наименьших квадратов / Моисеев С.И. // Экономика и менеджмент систем управления. Научно-практический журнал. 2015.- №2.1(16). - С. 166-172.
8. Баркалов С.А. Применение метода наименьших квадратов при оценке латентных переменных методом Раша. / Баркалов С.А., Моисеев С.И., Соловьева Е.В. // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Сер. «Управление строительством». – 2014. – № 1(6). – С. 98-100.
9. Маслак А.А. Сравнительный анализ оценок параметров модели Раша, полученных методами максимального правдоподобия и наименьших квадратов / Маслак А.А., Моисеев С.И., Осипов С.А.. // Проблемы управления. 2015.- № 5. - С. 58-66.
10. Кузьменко Р.В. Основанная на латентных переменных модель оценки профессиональной пригодности и управления кадрами в подразделениях ФСИИ России / Кузьменко Р.В., Моисеев С.И., Касаткина Т.И., Корчагин В.В. // Вестник Воронежского института ФСИИ России. 2019. - №4. - С. 99-108.

References

1. G. Rasch. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests. Copenhagen, Denmark: Danish Institute for Educational Research, 1960, 160 p.
2. Maslak A.A. Model' Rascha ocenki latentnyh peremennyh i ee svoystva. Monografiya. Voronezh, SPC "Scientific Book", 2016, 177p.
3. Wright B.D. Solving measurement problem with the Rasch model. Journal of Educational Measurements, 1977, Vol.14(2), pp. 97 – 116.
4. Kuzmenko R.V., Moiseev S. I., Sukachev A.I., Bogdanova S. Iu. Otsenka rezultatov obrazovatel'nogo protsessa vuza s pomoshchiu latentnykh peremennykh. Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii. 2020, №1, pp. 92-101.
5. Letova L.V. Ob`ektivny`e izmereniya i modelirovanie latentny`x velichin v obrazovanii. Obrazovanie i nauka. 2013. № 8 (107), pp. 75-87.
6. Kuzmenko R.V., Andreeva N.A., Korchagina E.V., Holodov O.M. Analiz vozmozhnosti prognozirovaniya rezul'tata strel'b. Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii. 2023, №1, pp. 72-82.
7. Moiseev S.I. Model' Rascha ocenki latentnyh peremennyh, osnovannaya na metode naimen'shih kvadratov. Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya. Nauchno-prakticheskij zhurnal, 2015, №2.1(16), pp. 166-172.
8. Barkalov S.A., Moiseev S.I., Solov'eva E.V. Primenenie metoda naimen'shih kvadratov pri ocenke latentnyh peremnyh metodom Rascha. Nauchnyj vestnik Voronezhskogo GASU. Ser. «Upravlenie stroitel'stvom», 2014, № 1(6), pp. 98-100.
9. Maslak A.A., Moiseev S.I., Osipov S.A. Sravnitel'nyj analiz ocenok parametrov modeli Rasha, poluchennyh metodami maksimal'nogo pravdopodobiya i naimen'shih kvadratov. Problemy upravleniya, 2015, № 5, pp. 58-66.
10. Kuzmenko R.V., Moiseev S.I., Kasatkina T.I., Korchagin V.V. Osnovannaya na latentnyh peremennyh model' ocenki professional'noj prigodnosti i upravleniya kadrami v podrazdeleniyah FSIN Rossii. Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii. 2019, №4, pp. 99-108.

Информация об авторах

Р. В. Кузьменко – доктор физико-математических наук, доцент
Е. В. Кузьменко – кандидат физико-математических наук, доцент
В. В. Корчагин. – кандидат технических наук, доцент

Information about the author

R. V. Kuzmenko – Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
E. V. Korchagina – Ph.D. of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
V. V. Korchagin – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 27.05.2024; одобрена после рецензирования 10.06.2024; принята к публикации 11.06.2024.

The article was submitted 27.05.2024, approved after reviewing 10.06.2024, accepted for publication 11.06.2024.