

DOI: 10.24888/2500-1957-2024-1-43-50

УДК  
378.146**МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ  
УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ****Волокобинский Михаил Юрьевич**д.т.н., профессор  
volokobin@mail.ru  
Санкт-Петербург

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

**Пекарская Ольга Анатольевна**к.п.н.  
pekarskaya.olga@mail.ru  
Санкт-Петербург

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

**Аннотация.** Содержание статьи касается разработки методики прогнозирования итоговой успеваемости обучающихся высшего учебного заведения, проводимой в рамках внутривузовского мониторинга. При анализе данных успеваемости обучающихся учтено, что на конечный результат образовательного процесса по результатам семестра или учебного года влияют самые различные обстоятельства, поэтому и показатели, характеризующие учебный процесс, будут разнообразными. Из этих показателей качества образовательного процесса выделяются приоритетные, которые затем используются при построении корреляционно-регрессионной модели, применяемой при получении прогноза результатов образовательного процесса в университете. С целью повышения эффективности преподавания любой учебной дисциплины преподавателю очень важно понимать, какие факторы могут значимо повлиять на оценку обучающегося, которую он может получить при итоговой аттестации (экзамен за семестр или за курс), так как мониторинг именно академической успеваемости – важнейшая часть общего мониторинга успеваемости учебного заведения. Изучение влияния факторов, влияющих на процессы освоения обучающимися преподаваемых им учебных дисциплин, – одна из актуальных задач современной педагогики. Уже на первом курсе формируется база профессиональных компетенций и профессиональной ориентации обучающихся, а методы математического моделирования и прогнозирования, и в частности уравнения корреляционно-регрессионного анализа, позволяют выявить количественную зависимость итоговой оценки обучающихся от доминирующих факторов. Полученные в регрессионном уравнении, качество которого проверяется на основе дисперсионного анализа, результаты позволят не только расширить представления о прогнозируемых итоговых оценках обучающихся, но также дадут реальную возможность преподавателю в течение процесса обучения уделять внимание тем обучающимся, которые попадают в так называемую «группу риска», имея большую вероятность получить за аттестацию неудовлетворительную оценку и быть отчисленными.

**Ключевые слова:** мониторинг образования, качество образования, образовательные достижения, выборочное обследование, прогнозирование успеваемости, корреляционно-регрессионная модель, уравнение регрессии, независимые факторы.

### **Введение**

Статья посвящена успеваемости обучающихся в зависимости от различных факторов.

Актуальность работы обусловлена следующими причинами. Подготовка в Санкт-Петербургском Университете ГПС МЧС России (далее – Университет) специалистов в области борьбы с пожарами и другими чрезвычайными ситуациями связана с серьезным изучением высшей математики, информационных технологий, математического моделирования, системного анализа. Знания, умения и навыки выпускников определяются и самими преподаваемыми дисциплинами учебных программ, и квалификационными требованиями к ним.

Эффективность подготовки будущих специалистов в Университете, конечно, неразрывно связана с такой многосторонней характеристикой образовательной деятельности, как качество образования. И именно качество образования объективно и всесторонне характеризует образовательное учреждение, обеспечивает высокую степень достижения планируемых результатов образовательной программы.

В высших учебных заведениях для формирования системы оценки качества образования, для анализа её состояния в любой момент времени проводится образовательный мониторинг, в рамках которого собираются, обрабатываются и анализируются данные по показателям и индикаторам, характеризующим деятельность образовательного учреждения. Данные образовательного мониторинга используются в процедурах лицензирования, государственной аккредитации, государственного контроля и надзора (Пекарская, Насрулин, 2020).

Задачи образовательного мониторинга разнообразны, и важнейшей из них является мониторинг академической успеваемости, существенного показателя динамики осуществления образовательного процесса. Одна из задач в области политики образовательных услуг – снижение доли отчисленных студентов за академическую успеваемость. Поэтому так важно выявлять те факторы, которые могут привести к плохим результатам итоговой аттестации, а управление данными факторами позволит повысить долю успевающих обучающихся (Пекарская, Волокобинский, 2022).

Конечно, чтобы сделать любые прогнозы итоговой аттестации студентов или курсантов, необходимо иметь твердое представление об объекте исследования, в данном случае об обучаемом. При обращении к аппарату теории вероятностей и математической статистики в анализе процесса обучения, как его важнейшей части, а именно – процедуры оценивания знаний, повышается объективность прогнозирования успеваемости. Эта объективность обусловлена тем, что при проведении подобных исследований все выборки обучающихся однородны, осуществляются в конкретных условиях обучения в Университете для данного периода времени. Также точность прогнозов обуславливается исследованием больших (истинно статистических) совокупностей обучающихся (Пекарская, Волокобинский, 2022).

При прогнозировании доминирующей задачей остается выбор методики. Здесь необходимо отметить, что обучение в нашем Университете обладает определенными особенностями, касающимися активного использования электронной информационной образовательной системы (ЭИОС), в связи с чем формы обучения и, соответственно, контроля успеваемости представляют собой сочетание методов контроля через информационную среду и традиционных контактных методов обучения (для очной формы обучения). Для заочного и дистанционного обучения контактная форма обучения применяется лишь на самом последнем этапе – при защите выпускных квалификационных работ (ВКР). Для данных форм обучения любой контроль осуществляется через ЭИОС (сдача экзаменов, зачетов – методом электронного тестирования через ЭИОС). Что же касается очной формы обучения, то для выполнения учебной программы всем обучающимся необходимо через ЭИОС выполнить контрольный тест. Кроме того, все расчетно-графические (контрольные) работы через личные кабинеты вносятся обучаемыми в ЭИОС, их оценка проводится преподавателем (Пекарская, Казанова, 2021).

Естественно, любой преподаватель может использовать интуитивные методы прогнозирования на основе объективных критериев оценки дисциплины и его представлений об итоговых результатах конкретных обучающихся. Экзамен при очной форме обучения проводится также в контактной форме, и оценка ставится непосредственно преподавателем за те задания итоговой аттестации, которые строго структурированы и определены, ответы на эти задания известны (Шмарихина, 2018).

### **Основные результаты исследования**

Современные суждения об образовательных достижениях обучающихся должны основываться на самых различных аспектах: академической успеваемости, базирующейся на знаниях по предметам, а также на оценке уровня творческих достижений и социальной активности обучающихся.

Для оценки совокупных индивидуальных достижений по всем направлениям учебной и научной деятельности обучающихся мы учитываем такие показатели, как:

I – активность участия в конференциях, «круглых столах», предметных олимпиадах;

II – результаты научно-исследовательской деятельности, работа в студенческом научном обществе;

III – портфолио обучающегося.

Из них формируется агрегированная оценка, далее учитываемая нами в прогнозе успеваемости.

Первым этапом в нашем исследовании явился сбор статистической информации, для чего на учебных площадках Университета было проведено выборочное обследование успеваемости обучающихся первого курса по дисциплине «Высшая математика».

Отметим, что при анализе данных успеваемости обучающихся было учтено, что на конечный результат образовательного процесса по результатам семестра или учебного года влияют самые различные обстоятельства, поэтому и показатели, характеризующие учебный процесс, будут разнообразными. Из этих показателей качества образовательного процесса выделялись приоритетные, которые затем использовались при построении корреляционно-регрессионной модели, применяемой при получении прогноза результатов образовательного процесса в Университете (Волокобинский, Зильберман, 2023).

В течение первого года обучения были собраны данные об оценках за текущие контрольные и расчетно-графические работы, о баллах ЕГЭ по математике, а также о рейтинге обучающихся по индивидуальным образовательным достижениям в разработанной трехфакторной модели линейной регрессии, в которой результатом являлась итоговая успеваемость обучающихся.

Экспериментальную выборку составили 135 обучающихся из восьми групп, в каждой группе были найдены средние значения результата и средние значения каждого из факторов для предварительного экспресс-расчета уравнения множественной регрессии.

Перейдем к описанию модели, для чего проведем классификацию признаков. За результативный признак нашей корреляционно-регрессионной модели возьмем экзаменационную оценку по математике  $Y$ . Экзаменационная оценка в Университете определяется по 100-балльной шкале, а потом переводится в пятибалльную шкалу с помощью специальных таблиц перевода.

Факторами или входными экзогенными переменными нашего будущего результата, что тоже самое, оценки за итоговую аттестацию  $Y$ , было решено использовать такие показатели:

1) результат единого государственного экзамена по математике (ЕГЭ), фактор  $X_1$ ;

2) средний балл за расчетные работы по математике, фактор  $X_2$ ;

3) оценка за совокупные индивидуальные достижения по всем направлениям учебной и научной деятельности  $X_3$ .

Поясним, что для всех факторов, для обеспечения однородности оценивания и удобства использования в уравнении регрессии, применялась 100-балльная шкала.

Решено было использовать уравнение трехфакторной линейной регрессии.

ТЕОРИИ, МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ  
И ИНФОРМАТИКЕ В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Вид уравнения регрессии, таким образом, представлен формулой

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3. \quad (1)$$

Мы учли тот факт, что индексы множественной корреляции используются для оценки тесноты связи между входными факторами и результативным признаком, оценивают совместное влияние факторов на результат (Волокобинский, Зильберман, 2023).

В таблице 1 приведём рассчитанные нами частные коэффициенты корреляции.

Таблица 1. Частные коэффициенты корреляции ( $r$ )

Признаки	Коэффициенты корреляции $r_{Y,X_i}$			
	$Y$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
$Y$	1	0,8	0,85	0,09
$X_1$	0,8	1	0,79	0,09
$X_2$	0,85	0,79	1	0,061
$X_3$	0,09	0,09	0,06	1

Анализ таблицы выявил: переменная  $X_3$  имеет наименьшую величину коэффициента корреляции, 0,09. Поэтому данный фактор, как незначительно влияющий на итоговую оценку  $Y$ , мы исключили из регрессионного уравнения. Для статистической обработки данных нашего исследования применялась программа-пакет SolidState.

Таким образом, экзаменационная оценка за экзамен по математике  $Y$ , как результат итоговой аттестации, в нашем случае оказалась теснее всего связанной с фактором  $X_2$  ( $r_{YX_2} = 0,847$ ), характеризующим средний балл за расчетные работы по математике, и с фактором  $X_1$  ( $r_{YX_1} = 0,795$ ), результатом ЕГЭ по математике.

Самая слабая связь оказалась с коэффициентом  $X_3$ , характеризующим рейтинг индивидуальных образовательных достижений. В связи с этим данный фактор был нами исключен из анализа.

Таким образом, мы смогли упростить регрессионную модель, перейдя к двухфакторному уравнению регрессии:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2. \quad (2)$$

Далее используем рекуррентные формулы для определения коэффициентов частной корреляции.

Для двухфакторной модели при  $i = 1$  и  $i = 2$  получим:

$$\begin{aligned} r_{YX_1, X_2} &= \frac{r_{YX_1} - r_{YX_2} r_{X_1 X_2}}{\sqrt{(1 - r_{YX_2}^2)(1 - r_{X_1 X_2}^2)}}; \\ r_{YX_2, X_1} &= \frac{r_{YX_2} - r_{YX_1} r_{X_1 X_2}}{\sqrt{(1 - r_{YX_1}^2)(1 - r_{X_1 X_2}^2)}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Теперь о вычислении параметров регрессионной модели.

Значения параметров двухфакторной линейной регрессии  $a, b_1, b_2$  в уравнении определялись методом наименьших квадратов (МНК). Удобно использовать дополнительные обозначения для четырех основных сумм:

$$\begin{aligned} \sum (X_{ki} - \bar{X}_k)^2 &= S(X_k^2); \\ \sum (X_{ki} - \bar{X}_k)(Y_i - \bar{Y}) &= S(X_k Y); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum(X_{1i} - \bar{X}_1)(X_{2i} - \bar{X}_2) &= S(X_1X_2); \\ \sum(Y_i - \bar{Y})^2 &= S(Y^2). \end{aligned} \quad (4)$$

Формулы для трех параметров нашего уравнения регрессии примут следующий вид:

$$b_1 = \frac{s(x_2^2)s(x_1Y) - s(x_1x_2)s(x_2Y)}{s(x_1^2)s(x_2^2) - [s(x_1x_2)]^2}. \quad (5)$$

$$b_2 = \frac{s(x_1^2)s(x_2Y) - s(x_1x_2)s(x_1Y)}{s(x_1^2)s(x_2^2) - [s(x_1x_2)]^2}. \quad (6)$$

$$a = \bar{Y} - b_1\bar{X}_1 - b_2\bar{X}_2. \quad (7)$$

Через предварительные расчеты промежуточных значений сумм из формулы (4) было получено:  $a = 46,00$ ;  $b_1 = 0,2651$ ,  $b_2 = 1,072$ .

Далее нам предстоит оценить качество уравнения регрессии с использованием дисперсионного анализа.

Из таблиц для  $F$ -критерия Фишера получаем, что при  $k_1 = k = 1$ ,  $k_2 = n - k - 1 = 130 - 2 - 1 = 127$  и  $\alpha = 0,05$  значение  $F_{\text{крит}} = 3,07$  для размера выборки 135.

Так как  $F = 128 > F_{\text{крит}} = 3,075$ , то делаем вывод о том, что уравнение регрессии является статистически значимым.

Итак, нами получено уравнение двухфакторной линейной регрессии:

$$Y = 46,2 + 0,267X_1 + 1,070X_2. \quad (8)$$

Средняя ошибка аппроксимации, определяемая по формуле:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \left| \frac{Y_{\text{факт}} - Y_{\text{расч}}}{Y_{\text{факт}}} \right| 100\%, \quad (9)$$

оказалась равной  $\bar{\varepsilon} = 0,063$ .

### **Заключение. Комментарии**

Подводя итоги по результатам проведенного исследования, сделаем выводы:

1. Рост показателя за расчетные работы по математике ( $X_2$ ), а также балла за ЕГЭ ( $X_1$ ), влечёт за собой и рост среднего показателя итоговой аттестации.

2. Важным результатом исследования явилось то, что, как можно было ожидать из общих соображений, значение совокупных индивидуальных достижений по всем направлениям учебной и научной деятельности обучающихся должно было влиять на итоговую успеваемость по математике, но на практике выяснилось, что данный фактор  $X_3$  является низкоинформативным. Это позволяет исключить его из рассмотрения и ограничиться лишь объясняющими переменными  $X_1$  и  $X_2$ .

Вышеуказанные исследования необходимо проводить, начиная с первого курса, потому что именно в это время происходит начало формирования профессиональных компетенций, а также начинается процесс профессиональной ориентации обучаемых. Поэтому определение факторов, влияющих на развитие, рост профессиональных знаний и компетенций обучаемых, и, таким образом, исследования, характеризующие данный процесс, являются очень важными для реальной практики образовательного процесса (Пекарская, 2018).

Таким образом, мы определяем факторы, которые влияют на успеваемость обучаемых, учитываем их в учебном процессе и повышаем качество образовательного процесса.

Применение моделирования при прогнозировании учебного процесса облегчает процедуру определения проблем, которые могут существовать у обучаемых, имеющих существенную академическую задолженность, грозящую риском отчисления. Точная фиксация проблем таких обучаемых позволяет персонифицировать работу с ними и, таким образом, обеспечить выполнение ими учебной нагрузки.

**Список литературы**

- Волокобинский М.Ю., Зильберман А.А. Прогнозирование итоговой успеваемости по математике у обучающихся первого курса вуза // Математическое образование в школе и вузе: опыт, проблемы, перспективы (MATHEDU' 2023). Материалы XII Международной научно-практической конференции в рамках IV Международного форума по математическому образованию (IFME'2023), Казань, 27 марта - 1 апреля 2023 г. Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2023. С. 81-88.
- Пекарская О.А. Применение методов дистанционного тестирования для обучения дисциплинам математического профиля и контроля знаний обучающихся // Функциональные пространства. Дифференциальные операторы. Проблемы математического образования. Тезисы докладов Пятой Международной конференции, посвящённой 95-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН, академика Европейской академии наук Л.Д. Кудрявцева, Москва, 26-29 ноября 2018 г. Москва: Российский университет дружбы народов, 2018. С. 457-459.
- Пекарская О.А., Волокобинский М.Ю. Использование тестов для различных форм контроля в системе дистанционного обучения электронной информационно-образовательной системы учебного заведения // Математическое образование в школе и вузе: опыт, проблемы, перспективы (MATHEDU' 2022). Материалы XI Международной научно-практической конференции в рамках III Международного форума по математическому образованию (IFME'2022), Казань, 28 марта 2022 г. Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2022. С. 270-276.
- Пекарская О.А., Казанова С.А. Основные проблемы контроля знаний, возникающие при дистанционном обучении математике, и пути их решения // Математическое образование в школе и вузе: опыт, проблемы, перспективы (MATHEDU'2021). Материалы X Международной научно-практической конференции, Казань, 22-28 марта 2021 г. Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2021. С. 162-168.
- Пекарская О.А., Насрулин Э.Р. Управление качеством преподавания математики в вузе с помощью квалиметрических методов // Математические методы и информационно-технические средства. Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 19 июня 2020 г. Краснодар: Краснодарский университет МВД России, 2020. С. 76-80.
- Шмарихина Е.С. Исследование факторов успеваемости обучающихся // Вестник НГУЭУ. 2018. № 3. С.130-143.

**THE METHODOLOGY OF FORECASTING THE FINAL ACADEMIC  
PERFORMANCE OF STUDENTS DEPENDING ON FROM VARIOUS  
FACTORS**

**Volokobinskiy M. Yu.**  
Dr. Sci. (Engineering), professor  
mail@yandex.ru  
St.Petersburg

St. Petersburg University of the State Fire Service  
of the Ministry of Emergency Situations of Russia

**Pekarskaya O. A.**  
Ph. D. (Economics), associate professor  
pekarskaya.olga@yandex.ru  
St.Petersburg

St. Petersburg University of the State Fire Service  
of the Ministry of Emergency Situations of Russia

**Abstract.** The research of the article concerns the development of a methodology for predicting the final performance of students in a higher educational institution, carried

out as part of intra-university monitoring. When analyzing student performance data, it is taken into account that the final result of the educational process based on the results of a semester or academic year is influenced by a variety of circumstances, and therefore the indicators characterizing the educational process will be varied. From these indicators of the quality of the educational process, priority ones are identified, which are then used in constructing a correlation-regression model used to obtain a forecast of the results of the educational process at the university. In order to increase the effectiveness of teaching any academic discipline, it is very important for a teacher to understand what factors can significantly influence the student's grade, which he can receive during the final certification (exam for a semester or for a course), since monitoring academic performance is the most important part of overall progress monitoring educational institution. Studying the influence of factors influencing the processes of students' mastery of the academic disciplines taught to them is one of the urgent tasks of modern pedagogy. Already in the first year, a base of professional competencies and professional orientation of students is formed, and methods of mathematical modeling and forecasting, and, in particular, equations of correlation and regression analysis, make it possible to identify the quantitative dependence of the final grade of students on dominant factors. Obtained in a regression equation, the quality of which is checked on the basis of analysis of variance, the results will not only expand the understanding of the predicted final grades of students, but will also give the teacher a real opportunity during the learning process to pay attention to those students who fall into the so-called "risk group", having a high probability of receiving an unsatisfactory grade for certification and being expelled.

**Keywords:** monitoring of education, quality of education, educational achievements, sample survey, predicting academic performance, correlation-regression model, regression equation, independent factors.

## References

- Pekarskaya, O. A. (2018). *Primeneniye metodov distantsionnogo testirovaniya dlya obucheniya distsiplinam matematicheskogo profilya i kontrolya znaniy obuchayushchikhsya. Funkcional'nye prostranstva. Differencial'nye operatory. Problemy matematicheskogo obrazovaniya. Tezisy dokladov Pjatoj Mezhdunarodnoj konferencii, posvjashhjonnoj 95-letiju so dnja rozhdenija chlena-korrespondenta RAN, akademika Evropejskoj akademii nauk L.D. Kudrjavceva*, (pp. 457-459). Moskva: Rossijskij universitet druzhby narodov. (In Russ.).
- Pekarskaya, O. A., Volokobinskiy, M. Yu. (2022). *Ispol'zovanie testov dlja razlichnyh form kontrolja v sisteme distancionnogo obucheniya jelektronnoj informacionno-obrazovatel'noj sistemy uchebnogo zavedeniya [Using tests for various forms of control in the system of distance learning of the electronic information and educational system of the educational institution]. Matematicheskoe obrazovanie v shkole i vuze: opyt, problemy, perspektivy (MATHEDU' 2022). Materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v ramkah III Mezhdunarodnogo foruma po matematicheskomu obrazovaniju (IFME'2022)* (pp. 270-276). Kazan: Kazanskij (Privolzhskij) Federal'nyj universitet. (In Russ.).
- Pekarskaya, O. A., Casanova, S. A. (1921). *Osnovnye problemy kontrolja znaniy, vznikajushhie pri distancionnom obuchenii matematike, i puti ih reshenija [Ensuring effective preparation for the final certification of students in the conditions of distant education]. Matematicheskoe obrazovanie v shkole i vuze: opyt, problemy, perspektivy (MATHEDU'2021). Materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* (pp. 162-168). Kazan: Kazanskij (Privolzhskij) Federal'nyj universitet. (In Russ.).
- Pekarskaya, O. A., Nasrulin, E. R. (2020). *Upravleniye kachestvom prepodavaniya matematiki v vuze s pomoshch'yu kvalimetricheskikh metodov. Matematicheskie metody i informacionno-*

*tehnicheskie sredstva. Materialy XVI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, (pp. 76-80): Krasnodar: Krasnodarskij universitet MVD Rossii. (In Russ.).

Shmarikhina, E. S. (2018). Investigation the factors of students' performance. *Bulletin of NSUEM*, 3, 130-143 (In Russ, abstract in Eng).

Volokobinskiy, M. Yu., Zilberman, A. A. (2023). Prognozirovanie itogovoj uspevaemosti po matematike u obuchajushhihsja pervogo kursa vuza [Forecasting the final performance in mathematics of first-year students of the University]. *Matematicheskoe obrazovanie v shkole i vuze: opyt, problemy, perspektivy (MATHEDU' 2023)*. *Materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii v ramkah IV Mezhdunarodnogo foruma po matematicheskomu obrazovaniju (IFME'2023)* (pp. 81-88). Kazan': Kazanskij (Privolzhsckij) Federal'nyj universitet. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 01.02.2024

Принята к публикации 18.03.2024