

ЭВОЛЮЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Митракова П.В.¹, Пупышев Д.Г.¹, Сиражева К.В.¹, Гончарь П.С.¹

¹ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, e-mail: gonchar@usurt.ru

В статье на опытном материале исследуется возможность прогнозирования успеваемости студентов по успехам, продемонстрированным в первых контрольных заданиях. Актуальность такой проблематики подтверждается описанием разных связанных с успеваемостью феноменов в доступной литературе. Под нашим вниманием были: динамика изменений показателей успеваемости во времени, возможная методика математического моделирования этого процесса и оценки надежности такого прогноза.

Для учета динамики перераспределения студентов между категориями в качестве математического аппарата применены широко известные Марковские цепи (МЦ) с дискретным временем перехода. Оценки студентов за текущие контрольные работы интерпретировались как состояния марковской цепи, а их сохранение или изменение от одной работы к другой – как переходы. Использование несложных математических процедур позволили выявить стационарное (предельное) распределение вероятностей состояний.

Пошаговое сравнение успеваемости с теоретическим результатом позволило заключить, что за наблюдаемое количество (порядка десяти контрольных мероприятий) переходов предельное распределение вероятностей состояний не достигается. Лучшее совпадение с модельным показала эволюция самой массовой (низшей) категории, а категории, связанные с повышенными учебными результатами, продемонстрировали большую волантность.

Попытки оценить надежность полученных прогнозов показали отсутствие жесткой детерминированности в эволюции успеваемости. Мы связываем эти неравномерности с трудностями изучения разных разделов курса и выполнения связанных с ними работ, а так же с влиянием других разнообразных внешних факторов на жизнь студента. Учебный процесс и педагогическое взаимодействие требуют постоянных усилий с обеих сторон. Следовательно, предсказание будущих результатов на основе предыдущих оказывается ненадежным и требует осторожности.

Ключевые слова: Математические модели, марковские цепи, педагогический прогноз, показатели успеваемости

EVOLUTION OF STUDENTS' ACADEMIC PERFORMANCE

Mitrakova P.V.¹, Pupyshev D.G.¹, Sirazheva C.V.¹, Gonchar P.S.¹

¹Ural state university of railway transport, Yekaterinburg, e-mail: gonchar@usurt.ru

The article uses experimental material to study the possibility of predicting student performance based on the success demonstrated in the first control tasks. The relevance of such issue is confirmed by the description of various phenomena related to academic performance in the available literature. We focused on the dynamics of changes in performance indicators over time, possible methods of mathematical modeling of this process and evaluating the reliability of such a forecast.

To account for the dynamics of redistribution of students between categories, Markov chains with discrete transition time are used as a mathematical tool. Students' current scores were interpreted as Markov chain States, and their retention or change was interpreted as transitions. We used of simple mathematical procedures to identify the stationary (limit) distribution of probabilities of States.

Step-by-step comparison of academic performance with the theoretical result allowed us to conclude that for the observed number of transitions, the limit distribution is not reached. The evolution of the lowest category showed the best match with the model one.

Attempts to assess the reliability of the obtained forecasts have shown that there is no strict determinism in the evolution of academic performance. We attribute these irregularities to the difficulties of studying different sections of the course and performing related work, as well as to the influence of various other external factors on the student's life. The educational process and pedagogical interaction require constant efforts on both sides. Therefore, predicting future results based on previous ones is unreliable and requires caution.

Keywords: Mathematical models, Markov chains, pedagogical forecast, academic rating

Введение

Студенты младших курсов вуза проявляют разную успешность в учебном процессе. Достаточно продолжительный курс математики позволяет заметить, что кто-то из них практически сразу включается в учебную рутину, усиленно выполняя задания и сохраняя постоянный уровень усилий. Другие демонстрируют бодрый старт и слабое продолжение, связанное с появлением новых внеучебных интересов [1]. Третьи, напротив, адаптируясь в новых условиях, чувствуют себя лучше [2, 3, 4]. Четвертые учатся неравномерно. Большое количество разнонаправленных факторов интегрально отражается на показателях академической успеваемости, которые образуют массивы данных и могут быть подвергнуты численной обработке. Мы изучили возможности прогнозирования изменений показателей успеваемости во времени и оценки надежности такого прогноза с помощью математического моделирования [5].

Цель исследования

Разработка приемов математического моделирования показателей успеваемости студентов в динамике. Выявление закономерностей эволюции академической успеваемости путем сравнения фактических данных с модельной ситуацией.

Материал и методы исследования

Частный математический аппарат исследования – марковские цепи с дискретным временем перехода (МЦ), традиционно входящие в состав раздела современной математики, известного как «Исследование операций» [6]. При этом мы интерпретировали оценки студентов за текущие контрольно-отчетные мероприятия (КОМ – контрольные и расчетно-графические работы), как состояния марковской цепи, а их сохранение или изменение от одной работы к другой – как переходы. В качестве эмпирической основы исследования был взят массив оценок, полученных в потоке студентов, обучающихся по специальности «Эксплуатация железных дорог» 2018 год набора (около 150 студентов) за первый курс обучения, т.е. 8 КОМ, около 1,2 тыс. частных оценок и 1 тыс. переходов между ними. Для расчетов использован MS EXCEL 2007.

Для моделирования использовалась МЦ с тремя состояниями: 1 – оценка за КОМ ещё не получена или работа зачтена с минимальным баллом; 2 – «хорошо», 3 – «отлично».

Особенность регулярных марковских цепей, как системных объектов, – наличие «стационарного» распределение вероятностей состояний. Для нахождения данного распределения мы определяли матрицу условных вероятностей перехода, затем составляли и решали систему линейных алгебраических уравнений, вытекающих из данной матрицы, для поиска стационарных значений. Полученный результат может интерпретироваться как вероятностный прогноз «предельного» распределения.

Далее мы моделировали пошаговую эволюцию марковской цепи путем многократного умножения вектора распределения вероятностей состояний на матрицу

переходов, – для уточнения полученного результата. Наконец, для оценки надежности вероятностного прогноза было предпринято специальное исследование, в котором стационарные распределения были получены несколько раз и сопоставлены друг с другом.

Анализ общей совокупности данных

В табл. 1 представлен результат поиска элементов матрицы условных вероятностей перехода – по всей совокупности данных, полученных за первый курс, это восемь КОМ за два семестра. Далее представлена матрица условных вероятностей переходов и система линейных алгебраических уравнений, решаемая для нахождения стационарного распределения. В итоге, получено стационарное распределение вероятностей состояний марковской цепи – примерно 2/3 случаев в первом состоянии, по 1/6 – во втором и третьем.

Таблица 1

Исходное состояние	Кол-во реализаций исходного состояния	Переход	Кол-во реализаций перехода	Усл. вероятность перехода
1	604	11	552	0,914
		12	38	0,063
		13	14	0,023
2	209	21	52	0,249
		22	117	0,560
		23	40	0,191
3	230	31	15	0,065
		32	48	0,209
		33	167	0,726

$$P = \begin{pmatrix} 0,914 & 0,063 & 0,023 \\ 0,249 & 0,560 & 0,191 \\ 0,065 & 0,209 & 0,726 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} -0,086p_1 + 0,249p_2 + 0,065p_3 = 0 \\ -0,063p_1 - 0,440p_2 + 0,209p_3 = 0 \\ p_1 + p_2 + p_3 = 1 \end{cases}$$

$$Q_{ст} = (0,645; 0,177; 0,178)$$

Пошаговое моделирование эволюции МЦ и сравнение с эмпирическими данными

Для более глубокого понимания протекающего процесса найденное стационарное (предельное) распределение вероятностей требуется сравнить с эмпирическими данными. Для этого проведем пошаговое моделирование эволюции МЦ построим графики, характеризующие динамику вероятности каждого из состояний, путем многократного умножения исходного распределения вероятностей состояний (оно было взято по результатам первой КОМ) на матрицу вероятностей переходов P . Синяя линия на каждом графике обозначает реальную динамику вероятности состояния (поэтапно, от одной КОМ к другой), оранжевая линия показывает смоделированную динамику, серая показывает стационарное состояние.

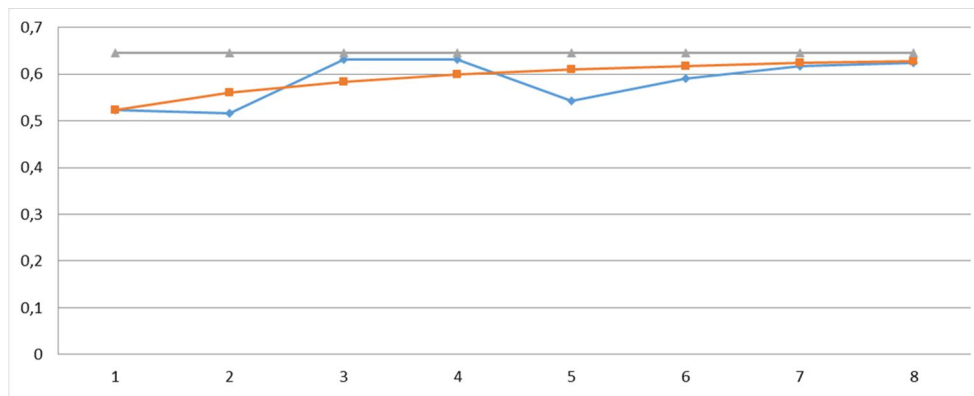


Рис. 1. Динамика p_1 : фактическая и модельная, стационарное значение

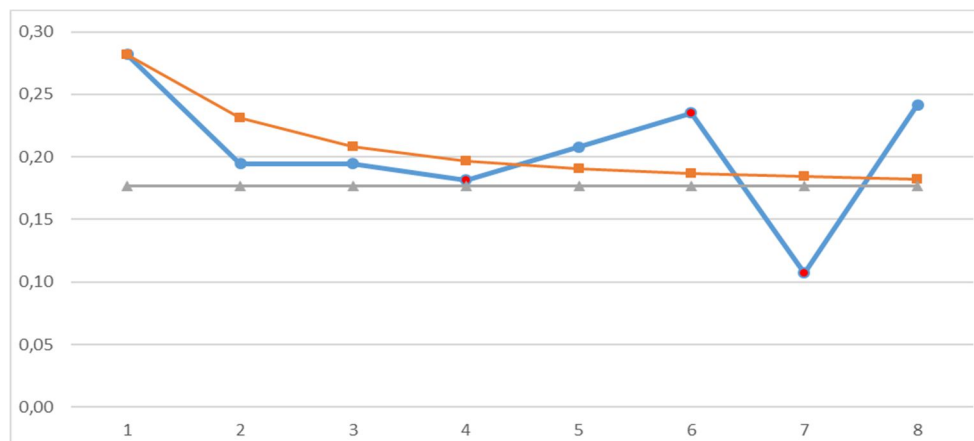


Рис. 2. Динамика p_2 : фактическая и модельная, стационарное значение

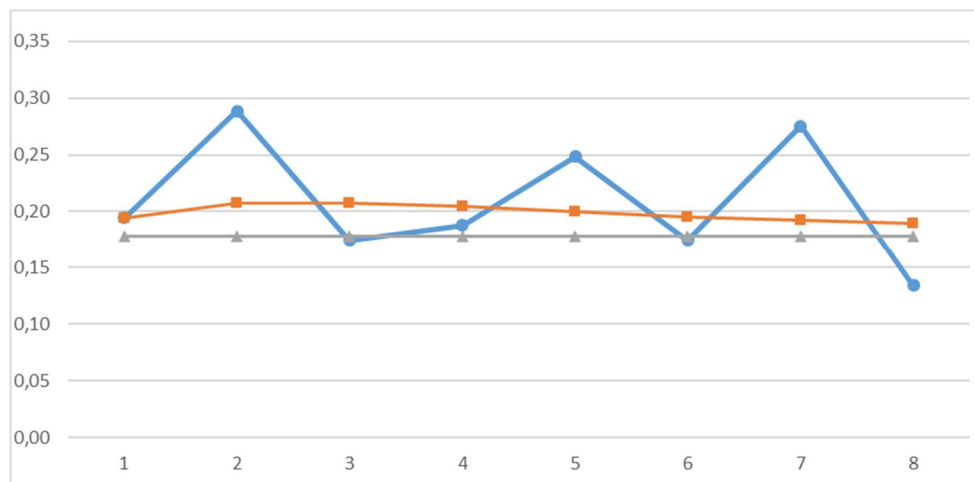


Рис. 3. Динамика p_3 : фактическая и модельная, стационарное значение

Исходя из графиков, можно сделать промежуточные выводы:

- За 8 шагов МЦ НЕ ДОСТИГАЕТ стационарного (предельного) распределения;
- Показатели успеваемости демонстрируют сложную разнонаправленную эмпирическую динамику, требующую дополнительного объяснения;
- В наибольшей степени результаты моделирования совпадают с эмпирическими данными для p_1 (нижний уровень успеваемости).

Оценка надежности вероятностного прогноза

Рассмотрим переходы между смежными КОМ по отдельности. Каждая такая пара КОМ характеризуется парой оценок для всех студентов (около 150 человек, семь пар - переходов) и может быть обработана аналогично общему массиву данных. Если частные результаты таких действий будут близки между собой и с общим результатом, это будет свидетельством надежности (устойчивости) прогноза. Заметим, что непосредственно сравнивать между собой матрицы условных вероятностей переходов, продемонстрированных студентами на каждом этапе в отдельности, затруднительно из-за отсутствия наглядного критерия их взаимной «удаленности». Однако, каждой такой матрице соответствует некоторое стационарное распределение и совокупность прогнозов, полученных, например, для вероятности первого состояния, исследовать уже гораздо проще.

Сравнение стационарных вероятностей, полученных по поэтапным значениям условных вероятностей переходов показано на рис. 4 (горизонтальные штрихи показывают частные прогнозируемые стационарные значения, синий крест – стационарное значение, полученное по всей совокупности данных, а красный крест – среднее арифметическое от частных значений). Как видно по графику, опираясь на результаты отдельных КОМ и переходы, продемонстрированные в них, можно получить прогнозы распределения вероятностей с большим разбросом. Мы объясняем это тем, что трудности изучения разных разделов курса и выполнение связанных с ними работ, а также разнообразные неучтенные внешние факторы, влияющие на учебную жизнь студентов, являются фактором дестабилизации и вызывают существенные неравномерности в эволюции показателей успеваемости.

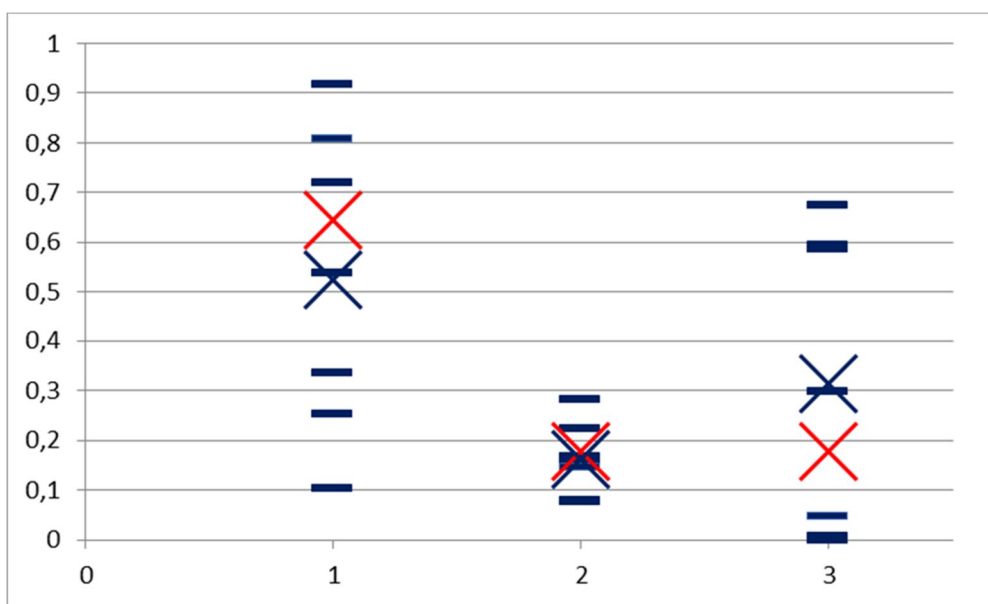


Рис. 4. Сравнение стационарных вероятностей, полученных по поэтапным значениям условных вероятностей переходов

Основные выводы

Как модель показателей успеваемости, марковская цепь НЕ ДЕМОНСТРИРУЕТ стационарность. Это можно интерпретировать как отсутствие (даже в статистическом смысле) предопределенности в учебных достижениях студентов. Учебный процесс и педагогическое взаимодействие требуют постоянных усилий с обеих сторон. В этой связи предсказание будущих результатов на основе предыдущих оказывается ненадежным и требует осторожности.

Список литературы

1. Закарлюка Д.С., Галушка М.А. АНАЛИЗ УРОВНЯ УЧЕБНОЙ МОТИВАЦИИ РАБОТАЮЩИХ СТУДЕНТОВ // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 5.; URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=18911> (дата обращения: 13.03.2020).
2. Захарова Е.А. ЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СТУДЕНТОВ В ПЕРВЫЙ СЕМЕСТР ОБУЧЕНИЯ // Международный студенческий научный вестник. – 2019. – № 3.; URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=19687> (дата обращения: 13.03.2020).
3. Тарасова Р.Е. ПРОБЛЕМА ТРЕВОЖНОСТИ СТУДЕНТОВ // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 5-1.; URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=15327> (дата обращения: 13.03.2020).
4. Алимкул И.О., Антонец К.В., Жумакова Т.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ПАМЯТЬ // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 2.; URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=16905> (дата обращения: 13.03.2020).
5. Жанбаева Л.А., Жунисбекова Ж.А., Керимбекова Р.А., Абитиярова А.А., Койшибаева Н.И., Рысбаева С.Ж. НЕКОТОРЫЕ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ В ПСИХОЛОГИИ // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 5.; URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=19193> (дата обращения: 13.03.2020).
6. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: КноРус, 2018. 192 с.