

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2022, №4, Том 10 / 2022, No 4, Vol 10 <https://mir-nauki.com/issue-4-2022.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/19PDMN422.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Окишев, С. В. Траектории успеваемости и их использование при анализе учебного процесса / С. В. Окишев // Мир науки. Педагогика и психология. — 2022. — Т. 10. — № 4. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/19PDMN422.pdf>

For citation:

Okishev S.V. Progress trajectories and its using in the analysis of the educational process. *World of Science. Pedagogy and psychology*, 10(4): 19PDMN422. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/19PDMN422.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 378.146

ГРНТИ 14.35.07

Окишев Сергей Владимирович

ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», Омск, Россия

Доцент кафедры «Высшая математика»

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: okishev59@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=687885

Траектории успеваемости и их использование при анализе учебного процесса

Аннотация. Цель данной статьи — продемонстрировать возможности использования траекторий успеваемости как графиков при анализе явлений, связанных с учебным процессом в вузе. Полученные автором результаты носят характер правдоподобных рабочих гипотез и строго не доказаны. Рассмотрены траектории успеваемости учебных потоков, групп и отдельных студентов. Обоснована необходимость рассмотрения не только усредненных, но и в первую очередь индивидуальных траекторий успеваемости. Автором проиллюстрирована работа вуза как негативного фильтра-преобразователя, понижающего успеваемость студентов от набора к набору. Обнаружено значительное влияние текущей мотивации студенческой группы на результаты выполнения контрольных работ. Колебательный мотивационный процесс оказывает порой большее влияние на успеваемость группы, чем сложность и характер заданий контрольной работы. Индивидуальные траектории успеваемости большинства студентов отличаются резкими хаотическими колебаниями. Именно неравномерность учебных усилий является, на взгляд автора, основной причиной итоговой неуспеваемости студентов в сессию. По характеру динамики успеваемости автором предложена новая классификация типов студентов, проиллюстрированная на конкретных примерах. В начале статьи приведен краткий критический анализ важных современных направлений в оценивании учебы. Автором предложена новая формула расчета итоговой оценки студента, учитывающая как средний интегральный рейтинг, так и неравномерности учебы студента. Проведен анализ получаемых зависимостей при предельных значениях ключевого параметра, регулирующего вклад колебательных процессов в оценку успеваемости. Автор предлагает использовать скорректированные рейтинги для стимулирования студентов к стабильным, равномерным занятиям на доступном для каждого из них индивидуальном уровне. С идеологической точки зрения, следует двигаться от анализа сечений случайного процесса успеваемости к анализу свойств траекторий этого случайного процесса как кривых, как графиков. Это позволит перейти

к изучению реальных явлений в учебном процессе без замены такого изучения сомнительной статистикой успеваемости.

Ключевые слова: оценка; рейтинг; случайный процесс; дискретное время; траектория успеваемости; исследование; студент; группа; поток; математика; контрольная работа; контрольная неделя; мотивация; неравномерность; стимулирование

Введение 1. Анализ популярных методов оценивания

Роль оценивания в учебном процессе трудно преувеличить. В научной статье [1] проведен анализ систем оценивания. Две цитаты из этой статьи будут достойным началом разговора о методах оценивания. «Оценивание учебных достижений студентов являются неотъемлемой частью организации учебного процесса. Будучи основным средством измерения академических достижений и диагностики проблем обучения, оно осуществляет обратную связь с участниками обучения, формирует навыки самооценки учащегося и политику отчетности в учебном заведении». Более того, «оценивание является движущей силой обучения, поскольку фокусирует внимание всех его участников на поставленных целях». В основной части нашей публикации будет в первую очередь рассмотрена *диагностика проблем обучения*, хотя будет выход и на *коррекцию средств измерения академических достижений студентов*.

1.1 Рейтинговые системы оценки

При оценивании работы обучающегося традиционным и модульно-рейтинговым подходом задается некоторая система баллов и методика их расчета. При расчете и построении траекторий успеваемости автор будет придерживаться сочетания обеих систем. Как указывается в работе [2], «балльно-рейтинговая система (БРС) оценивания учебной деятельности студентов фактически принимается в качестве обязательной в отечественных вузах, хотя конкретные ее модели и реализации не унифицированы и определяются внутренними нормативами вузов».

При активном внедрении модульно-рейтинговых систем в 2000-е годы их сторонники пытались доказать преимущество и новизну указанного подхода над традиционным оцениванием (например, [3] или [4]). Автор считает подобные рассуждения во многом надуманными. Подробное структурирование учебного материала практиковалось всегда, а при создании систем расчета оценок за контрольные работы учитывались не только весовые сложности отдельных заданий, но и отдельные этапы выполнения этих заданий. Далее эти расчетные баллы (которые просто не именовались рейтингами) переводились в традиционную пятибалльную систему оценок. Не являлась рейтинговая система и изобретением 1990-х годов. При учебе автора в университете в 1970-е годы на математическом факультете применялась рейтинговая система из трех оценок «0», «1», «2». То, что в системе было даже меньше градаций, чем в традиционной, не влияло на качество учебы студентов, ибо подавляющее большинство из них понимало цели обучения и старалось получить знания и умения (а оценки получало, исходя из реальных способностей и дефицита времени). В современных условиях, когда студенты не понимают целей учебы и к знаниям в большинстве своем не стремятся, рассчитывая получить все в готовом виде из Интернета, рейтинговая система служит хоть

каким-то стимулирующим фактором работы. Получение баллов за посещение занятия, за выполнение простейшего задания, за активность на практике сродни накоплению денег в кошельке. Студенты копят баллы, а не знания для успешного прохождения промежуточных и итоговых аттестаций по предмету.

В настоящее время исследователи создают автоматизированные системы расчета рейтинга на основе локальных баз данных [5], строят простейшие математические модели определения диапазонов рейтинговых оценок с целью перевода их в традиционные баллы [2]. При активизации некоторой новой технологии, например, дистанционного обучения, рейтинговые системы немедленно привязываются к ней, что позволяет генерировать новые статьи с переписыванием в них старых понятий [6].

Сделаем несколько замечаний, полезных для основного содержания данной статьи. В работе [2] утверждается: «известно, что наибольший результат от учебной деятельности достигается студентом в результате упорной и регулярной работы на протяжении всего семестра». Скажем, характеристика «упорства» — это те самые баллы, что студент получает в рамках БРС. А как оценивается «регулярность»? Как правило, это некие штрафные баллы за несданные в срок работы. Автор попытается предложить аппарат оценки регулярности работы студента и формулу для соответствующей корректировки его баллов. В работе [4] предлагается два вида рейтинговых систем: *интегральная* и *дифференциальная*, говорится о преимуществе дифференциальной системы. Однако само представление авторов об интегральности и дифференциальности глубоко ошибочно. Под интегральной системой ими понимается простое суммирование баллов (среднее арифметическое), а под дифференциальной системой — суммирование с весовыми коэффициентами (среднее взвешенное). На самом же деле, оба эти подхода являются интегральными, просто в одном случае применяется простой интеграл, а во втором — интеграл с весовой функцией. Суть подхода к оцениванию остается неизменной. Настоящим *дифференциальным рейтингом* является рейтинг, в котором учитываются *разности (difference)*, *приращения* оценок студента, а затем делается вывод о качестве его учебы. В чистом виде дифференциальный рейтинг не пригоден к оцениванию работы студента. Предположим, что студент монотонно ухудшал свою учебу в течение семестра от уровня «отлично» до уровня «удовлетворительно». Тогда все разности-приращения у него отрицательны, и суммирование этих приращений дает отрицательный итог. В традиционном же понимании (математическое ожидание) учеба студента была на уровне «хорошо». Поэтому дифференциальный рейтинг должен использоваться как поправка, добавка к основному интегральному рейтингу. Студент, прогрессирующий от «тройки» к «пятерке», заслуживает большего итогового рейтинга. Студент, регрессирующий от «пятерки» к «тройке», заслуживает меньшего итогового рейтинга. При равенстве их формальных интегральных оценок такая корректировка может быть достигнута учетом дифференциального рейтинга по некоторой математической модели.

1.2 Компетентностный подход

Компетентностный подход является доминирующей теорией современной российской педагогической науки. Теорией, навязанной педагогическому сообществу нашей страны по шаблону западных образцов и давшей большой простор для деятельности бюрократических структур и огромную «кормовую базу» для инновационных научных разработок. Количество диссертаций, защищаемых в России по тематике «Компетентностный подход» (КП), ежегодно превышает 500 работ, но налицо глубокий кризис российского образования. Проблема оценивания результатов образовательной и учебной деятельности в рамках КП состоит в следующем. Надо понять, как оценить компетенцию? Каковы должны быть структурные

элементы компетенции, которые могут быть подвергнуты измерению? Эти вопросы поднимаются, например, в работе [7], однако не получают должного развития. В итоге вместо конкретного вычислительного механизма реализации оценочных процедур получается богатый набор добрых пожеланий.

Еще на начальном этапе внедрения КП звучали голоса об эмпиричности и слабой научности этой концепции. Например, в статье [8] утверждалось, что «сущность компетентностного подхода и пути его внедрения ... неясны даже педагогам-исследователям (что ни автор, то свое понимание, концепция), не говоря уже о рядовом учителе, преподавателе». В сравнительно недавней работе [7] авторы насчитали как минимум пять вариантов структурного разбиения понятия «компетенция», соответствующих разным педагогическим школам. То есть по-прежнему сторонники КП не могут точно определить структуру элементов, подлежащих оцениванию. В работе [9], опубликованной в 2020 году подводится важная черта в дискуссии о КП и его оценивании. Суть заключается в том, что даже успешно структурированное понятие компетенции является весьма сложным и требует для своей оценки многомерных *тестовых процедур*, *валидность* которых установить в принципе невозможно. Как утверждается в [9], «вся компетентностная постройка с ее структурными матрицами, кластерным анализом и прочими процедурами оказывается зданием на песке недоказанной валидности».

Завершим фрагмент, посвященный оцениванию в рамках КП, еще одной цитатой из работы [9], ибо она замечательна по своему смыслу. «Если термины «компетентность/компетенция» содержательно не представляют собой ничего нового и могут быть с некоторой надежностью измерены... по конечным наборам знаний-умений-навыков-способностей..., то указанные «базовые понятия», равно как и сам КП, оказываются избыточными, не содержащими никакой информации, ни теоретически значимой, ни полезной для практического применения. Если же указанные понятия КП все же представляют собой нечто существенно большее, чем комбинации знаний, умений, навыков и способностей..., то эти понятия в принципе не могут быть сколько-нибудь надежно и достоверно измерены средствами, разрабатываемыми силами образовательных учреждений».

1.3 Формирующее оценивание

Сущность *формирующего оценивания* или «*оценки для обучения*» глубоко раскрыта в работах ведущего специалиста Московского педагогического университета Е.Н. Землянской. В отличие от *оценки обучения*, предназначенной для отчетности и для классификации обучающихся, *формирующее оценивание* имеет в первую очередь мотивационное назначение, ведущее к самооцениванию и саморазвитию. «Оценка должна помогать школьнику в развитии его учебной самостоятельности, умения учиться» [10]. На основе подробного анализа зарубежных исследований, имеющегося в статье [11], сделаны многочисленные интересные выводы. Некоторые из них разделяются автором, например, утверждение, что «оцениваться должна прежде всего динамика учебной успешности» обучающихся. Собственно, изучение и анализ траекторий успеваемости — это и есть анализ *динамики* учебной успешности. С другими автор согласен не полностью. Например, замечание, что «регулярное тестирование и простое информирование студентов об их текущих оценках не носит формирующего характера» в принципе верно, но влияние текущих оценок на дальнейшую учебу студентов очень значительно. Мы покажем, что *мотивация* студентов в современных условиях имеет характер *колебательного процесса*.

Этот колебательный процесс часто доминирует над сложностью самих предлагаемых студентам заданий и определяет уровень оценок. Автор хотел бы придать оценке обучения (которой он занимается) некоторые элементы формирующего оценивания (поощрение стабильности в учебе).

К сожалению, практическая методика формирующего оценивания, разработанная Е.Н. Землянской в работах [12; 13] тяготеет к процессу обучения будущих педагогов на старших курсах университета. Этому соответствуют и *алгоритмы формативного оценивания* студенческих работ-проектов, предложенные в статье [12], и *набор критериев оценивания* таких работ, представленный в [13]. По мнению автора, разработанная методика оценивания годится для старших курсов гуманитарных специальностей и совершенно не подходит для младших курсов специальностей технических. Явно просматриваются методы коллективного обсуждения студенческих работ, перекрестное оценивание, выступления с докладами и оценка (самооценка) самих докладов. Это формы работы с курсовыми и семестровыми работами, в лучшем случае — с докладами по обширной теме гуманитарной дисциплины. Сомнительной является и возможность реализации такой методики в школе при 45-минутной длительности урока и большой численности учащихся.

1.4 Траектории успеваемости

Наибольшее количество педагогических работ, содержащих термин «траектория», связано с *индивидуальными образовательными траекториями* учащихся. Следуя определению из работы [14], индивидуальные образовательные траектории — это «вид обучения, выстраиваемый обучающимися в сотрудничестве с преподавателем и ориентированный на потребности, формирующиеся в реальном времени, а также учитывающий личностные характеристики обучающегося». Правда, никаких траекторий в графическом виде в подобных работах не рисуется. В лучшем случаете дело завершается построением некоторой графической схемы, из которой можно сделать выводы о темах учебного плана и возможностях по варьированию их изучения (например, [15]).

Четкие определения разных видов траекторией учебного процесса даны в фундаментальной статье [16]. Приведем эти определения.

- *Траектория обучения* — это «последовательность точек контроля знаний и навыков, принадлежащих соответствующим временным интервалам, согласно учебному плану, которые должен пройти один или несколько обучающихся».
- *Траектория успеваемости* обучающегося — это «последовательность отметок обучающегося, полученных в соответствующих контрольных точках согласно траектории обучения».
- *Траектория рейтинга* обучающегося — это «последовательность значений рейтинга на момент прохождения контрольных точек согласно траектории обучения» (имеется в виду накопительный характер рейтинга в отличие от обычных оценок).

Исходя из предложенных определений, автор данной статьи занимается исследованиями на основе траекторий успеваемости, а используемые им траектории рейтинга также являются лишь траекториями успеваемости, так как не имеют накопительного характера.

В статье [5] говорится о типовых траекториях обучения. На деле выясняется, что никаких траекторий в этой работе нет, а речь идет о разбиении студентов на несколько категорий по их отношению к учебе и построении рейтинговых расчетов промежуточной аттестации для каждой категории, учитывая ее особенности. В явном виде автор обнаружил

траектории успеваемости в работе [17]. Речь идет об усредненных по специальностям траекториях успеваемости за период 1998–2002 годов. Автор статьи Чурляева Н.П. действительно построила многочисленные графики траекторий успеваемости студенческих сообществ по пяти годам-сечениям. Дальнейшее исследование вызывает, однако, большое удивление. Автор не обращает внимания ни на огромную вариацию от года к году, ни на большой разброс траекторий разных (родственных) специальностей. Для применения стандартного статистического аппарата нелинейные траектории заменяются линейными аппроксимациями (*линейными трендами*). При этом, утерев почти всю информацию об учебном процессе, автор утверждает, что полученные линейные зависимости «более адекватно описывают складывающиеся тенденции, так как они приводят к минимальным значениям остаточных дисперсий». А почему бы вообще не заменить траектории горизонтальными линиями (мат. ожиданиями)? Тогда дисперсии будут вообще минимальны! Такое отношение к экспериментальным данным показывает пренебрежение даже толковых исследователей к траекториям успеваемости как таковым. Правда, сама по себе статья [17] достаточно интересна. В ней удалось проанализировать характер изменения коэффициентов вариации. Выявлены зоны стабильности и нестабильности учебных процессов. Зонами наибольшей нестабильности оказались для рассматриваемых групп специальностей шестой и восьмой семестры обучения. Построены в итоге и нелинейные траектории — но лишь для рассматриваемого в работе коэффициента вариации. Ценные результаты статьи [17] не оправдывают в глазах автора характера проведенного исследования. Даже усредненные по всем студентам некоторых специальностей траектории успеваемости заполняют весь диапазон от 0 % до 100 %, «кричат» о дикой неравномерности, об «агонии» учебного процесса. Автор же спокойно решает свою узкую исследовательскую задачу, не замечая этих страшных явлений и не пытаясь их проанализировать.

Наилучшей работой по траекториям успеваемости является, на взгляд автора, статья [16]. Ее уровень значительно превосходит уровень исследования, предлагаемого самим автором. Авторами работы [16] создано программное средство построения траекторий на базе разработанного ими же семейства алгоритмов. Программное средство характеризуется большим количеством настроек, позволяющих пользователю реализовать в ней расчеты по той оценочной модели, которую он использует в своей организации. Оно использует пополняемую базу данных о реальных траекториях успеваемости студентов, что позволяет во многих случаях предсказывать эту траекторию для конкретного студента. Автор может сделать только два замечания по предложенной уникальной разработке. Во-первых, система оценивает успеваемость группы по всем предметам. Динамика успеваемости по разным предметам весьма различна, и усредненные оценочные процедуры скорее вредны, чем полезны. Во-вторых, в качестве нормы траектории успеваемости берется наибольшая по размеру однородная склейка, что, с точки зрения математической статистики, бесспорно. Вот только при этом не учитываются социальные явления. В современных условиях наибольшую однородную склейку, скорее всего, образуют оценки, выставленные по шаблону коррумпированной частью преподавательского сообщества, а вовсе не оценки честных преподавателей с их индивидуальным подходом к выставлению баллов.

Введение 2. Теоретические и идеологические основы исследования

2.1 Случайные процессы

Процессом называют обычно функцию $x = x(t)$, зависящую от времени t . График процесса — некоторая кривая, которую иногда называют *траекторией* (рис. 1).

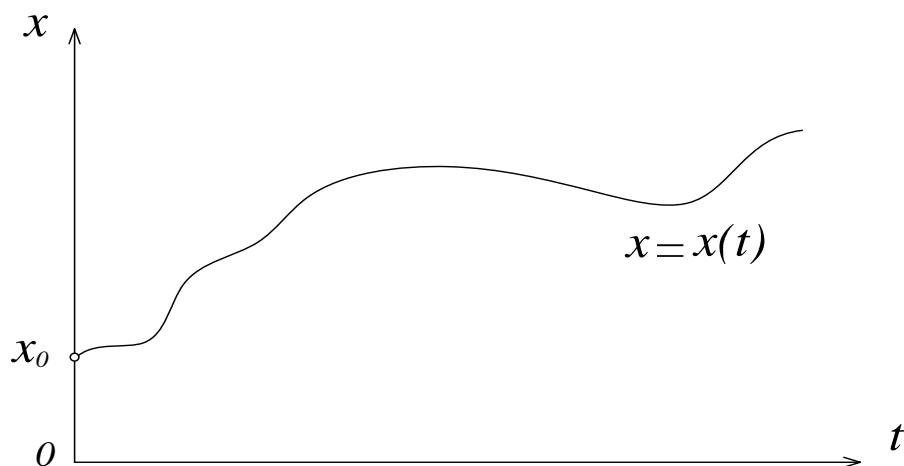


Рисунок 1. График процесса (разработано автором)

Случайный процесс $X = X(t)$ — это случайная функция, зависящая от времени t . Каждая реализация случайного процесса дает новую траекторию $x = x_k(t)$, не совпадающую с предыдущими траекториями (рис. 3).

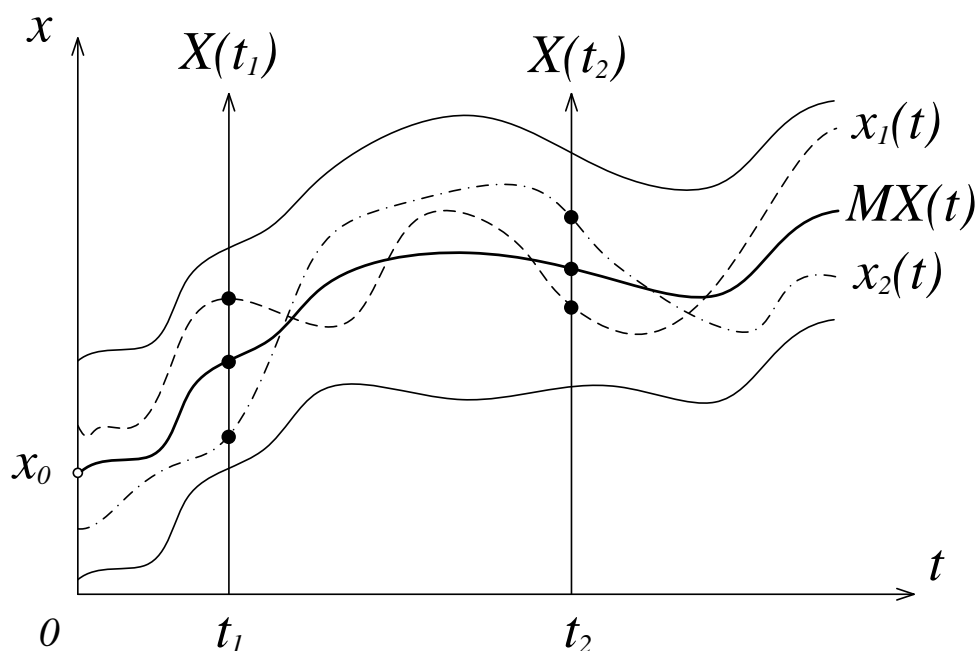


Рисунок 2. Случайный процесс: траектории и сечения (разработано автором)

Тем не менее, можно определить некоторую «среднюю» траекторию $MX(t)$, которая играет роль *мат. ожидания* случайного процесса, а также выделить *полосу* переменной ширины, которая определит пределы *разброса траекторий*. Если взять момент времени t_1 , то $X(t_1)$ есть *случайная величина*, изменяющаяся около некоторого среднего значения $m_1 = \bar{x}(t_1)$. В момент времени t_2 имеем другую случайную величину $X(t_2)$ с другим разбросом и другим средним значением $m_2 = \bar{x}(t_2)$ и т. д.

Таким образом, случайный процесс $X(t)$ имеет два толкования. С одной стороны, это семейство реализаций (траекторий) $x = x_k(t)$, $k = 1, 2, \dots$, где каждая реализация есть

функция от времени t . С другой стороны, это набор сечений $X_i = X(t_i)$, $i = 1, 2, \dots$, где каждое сечение есть случайная величина. К сожалению, современные исследователи традиционно сосредотачивают свое внимание на изучении *сечений* случайных процессов, игнорируя траектории. Для соответствующих случайных величин пытаются определить законы распределения, а если ничего не получается, то можно выдать желаемое за действительное и декларировать наличие, например, нормального закона.

Аналогично процессам с непрерывным временем t можно рассматривать *дискретные случайные процессы* со временем T , принимающим ряд фиксированных, отделенных друг от друга значений. Таковыми обычно являются процессы, описывающие изменения успеваемости студентов, замеряемой в отдельных контрольных точках траектории обучения. На рисунке 3 изображен дискретный случайный процесс, имеющий семь контрольных точек (семь сечений). Так как никаких промежуточных значений величина $X = X(T)$ не принимает, то для изображения траекторий применяется построение ломаной линии (кусочно-линейной интерполяции), по которой и анализируется характер наблюдаемых процессов. Именно такие кусочно-линейные траектории $x = x_k(t)$ строил и изучал автор данной статьи. Траектория $x = x_k(t)$ может быть траекторией успеваемости отдельного студента, студенческой группы, студентов одной и той же специальности, студенческого потока и т. д. Ясно, что во всех ситуациях, кроме индивидуальной траектории успеваемости студента, речь идет об усредненных траекториях, получаемых при помощи системы весовых коэффициентов.

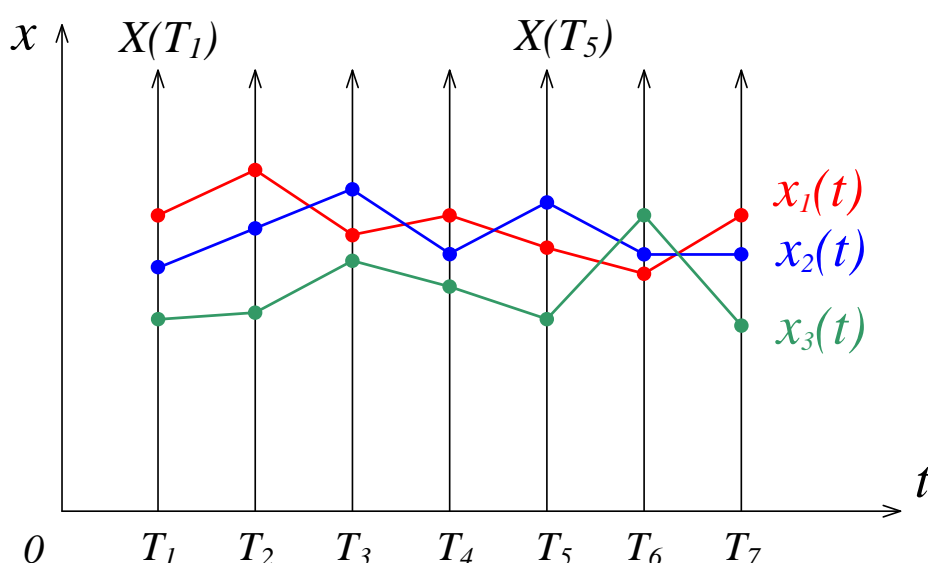


Рисунок 3. Дискретный случайный процесс: траектории и сечения (разработано автором)

Сечениями процесса $X_i = X(T_i)$ являются оценки за конкретную контрольную работу или рейтинги в конкретной контрольной точке. Эти дискретные случайные величины оцениваются с помощью мат. ожидания, дисперсии, коэффициента вариации, то есть стандартным аппаратом теории вероятностей. Получаемые при этом величины полезны при построении и анализе усредненных траекторий.

2.2 Случайные процессы в научных исследованиях

Негативные явления в современных научных исследованиях вскрыты и подвергнуты критике Сизиковым В.П. — талантливым ученым, философом, математиком и программистом.

В статье [18] о проблемах интегративной биологии он пишет: «интегративная биология оставляет в стороне идеи о процессах-системах, в частности, эволюцию отслеживает не по примеру почти непрерывного закономерного процесса, а через набор случайных, зачастую еще и осредненных данных тех или иных распределений». Подобное поведение ученых-биологов совсем не случайно. Дело в том, что в математической статистике, являющейся научной базой для практиков, все так же неблагоприятно. Математических работ по теории Марковских процессов много, «однако среди них практически нет таких, что посвящены изучению качественного поведения Марковского процесса, его графика, хотя это, по сути, есть аналог задач по решению дифференциальных уравнений и поэтому представляло бы ценный прикладной материал» [18]. В исследованиях по математической статистике фактически нет времени и процесса в буквальном понимании. В итоге В.П. Сизиков делает вывод: «Практически все направления исследований, будь то интегративная биология, экономика, физика, (педагогика — добавим мы) нуждаются в качественно новой и более современной статистике».

Автор данной статьи не собирается перерабатывать математическую статистику. Он всего лишь хочет применить в исследовании подход на основе графиков-траекторий, именно того аппарата, которого не достает в современных исследованиях. Как справедливо утверждается в статье [19], «при работе с системой нужен не метод случайного тыка в какое-то мгновенное ее состояние, а достаточно продолжительный контакт с ней и отслеживание режима (графика) ее поведения, по которому, как правило, надежно могут быть определены и использованы в последующем все функциональные параметры».

Таким образом, проблемы в науке и образовании часто обусловлены нежеланием самих специалистов переходить к качественно новым моделям изучения природы и общества. Автор сделает несколько робких шагов по исправлению этой ситуации в педагогических исследованиях.

Основное исследование

Раздел 1. Организация контрольных точек. Обработка оценочной информации

Автор занимался сбором и оцениванием информации об успеваемости своих студентов всю жизнь. Примерно с 2010 года он использует в своих исследованиях траектории успеваемости как для наглядного изображения происходящих процессов, так и для получения неожиданных выводов о явлениях, стоящих за графиками успеваемости. Часть материалов данной статьи уже публиковалась в работах [20] и [21], другие материалы хранились в запасе или получены в последние два года.

Автор преподает дисциплины математического цикла: «Высшая математика», «Алгебра», «Алгебра и геометрия», «Математический анализ», «Математика» и другие. В качестве контрольных точек для построения траекторий автором использованы два подхода. Первым набором контрольных точек являлись контрольные работы по «Высшей математике», вторым — баллы рейтинга за три семестровых контрольных недели, рассчитываемые в нашем вузе.

Глобальная *система контрольных работ по математике* разрабатывалась автором на протяжении 1996–2000 годов, а затем неоднократно пополнялась как новыми вариантами, так и новыми работами. Принципы организации этой системы изложены автором в статье [22], а структура разработанной системы и ее использование в электронных учебно-методических комплексах — в статье [23]. Огромные объемы разрабатываемых задач по математике побудили автора использовать в ряде случаев *программы-генераторы*. Образец устройства одной из таких программ (генератора задач на кривые второго порядка) приведен в работе [24].

Исследование односеместровых дисциплин «Алгебра» и «Алгебра и геометрия» с точки зрения траекторий успеваемости малоинтересно (две-три контрольных работы). Более продолжительные дисциплины исследовались наборами контрольных работ (КР), являвшимися подмножествами созданной глобальной системы КР. Дискретный случайный процесс «оценка за контрольную работу» обозначался автором $X(T)$.

При выведении *рейтинговых баллов* в нашем вузе, как и во многих других вузах России, используется 100-балльная шкала. Уровни перевода рейтинговых величин в традиционные оценки «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» реализуются по схеме 60-76-93. Учитывая приведенные в статье [2] данные о подобных схемах других вузов, убеждаемся, что схема ОмГУПС является наиболее строгой. При изучении дисциплин продолжительностью два–четыре семестра получалось соответственно от шести до двенадцати сечений (контрольных точек). Дискретный случайный процесс «рейтинг за контрольную неделю» обозначался автором $B(T)$. Это обозначение произошло от слова «балл». При построении траекторий рейтинговые баллы умножались на коэффициент 0.01, поэтому соответствующие траектории находятся в диапазоне от нуля до единицы. При необходимости получения математических формул корректировки рейтингов, автор заменял обозначение $B(T)$ более привычным обозначением $X(T)$. Следует отметить, что в исследованиях применялись «чистые» рейтинги за стандартный период в пять учебных недель, а не рейтинги, получающиеся по «накопительной» системе. Дело в том, что «накопительная» система — это один из вариантов сглаживания, усреднения рейтингов (усреднение по времени). Любое же усреднение, по мнению автора, только портит информацию о случайном процессе.

Вообще следует рассматривать и анализировать многообразие (индивидуальных) траекторий, а не заменять их мат. ожиданиями. Эту точку зрения, по сути, разделяет Е.Н. Землянская. В работе [11] она говорит, что ошибкой является «ориентация на среднестатистическую оценку учебных достижений (например, по классу или по другим классам) и сравнение с ней учебных достижений всех учащихся, а не констатация личного прогресса каждого ученика».

Начиная свои исследования траекторий успеваемости в 2010 году, автор ставил своей задачей построение *полосы траекторий* оценок контрольных работ и расчет *разброса траекторий* студенческих групп. Оценивание производилось по семи сечениям (семь КР). Подход был в целом традиционным. Для исследования случайных величин X_i (оценок за КР) были применены:

- математическое ожидание $m_i = MX_i$,
- дисперсия $d_i = DX_i = MX_i^2 - (MX_i)^2$,
- среднее квадратическое отклонение $\sigma_i = \sigma(X_i) = \sqrt{DX_i}$,
- коэффициент вариации $v_i = v(X_i) = \sigma_i / m_i$.

Применение коэффициента вариации законно, т. к. случайная величина X_i — оценка за i -тую контрольную работу — есть величина неотрицательная: $X_i \geq 0$.

Применялись следующие расчетные формулы и обозначения:

- весовые коэффициенты вида $\alpha_j = \frac{n_j}{n}$, где n_j — число студентов j -той группы, а n — общее число студентов потока;

- коэффициент качества группы k , $k = \frac{\sum_{i=1}^7 X_{ji}}{35}$, где X_{ji} — усредненная оценка j -той группы за i -тую КР; 35 — «идеальная» величина суммы (семь «пятерок»);

- взвешенный коэффициент качества потока k_B , $k_B = \frac{\sum_{i=1}^7 \bar{X}_i}{35}$, в формуле которого используются величины $\bar{X}_i = \sum_{j \in J} \alpha_j X_{ji}$, причем J — множество номеров групп потока.

Исследование охватывало 373 студента, 16 групп, 5 потоков 2000–2009 годов обучения. Тем не менее, результаты оказались разочаровывающими. Мат. ожидание MX_i оценки за i -тую контрольную работу позволяло оценить сложность КР для студентов, а вот построенные трубки (криволинейные полосы) вида $[MX_i - \sigma_i; MX_i + \sigma_i]$ и даже вида $\left[\min_i X_{ji}; \max_i X_{ji} \right]$ оказались малополезными для каких-либо качественных выводов. Зато графическое построение траекторий успеваемости групп и потоков стимулировало исследование с их помощью резких неоднородностей в учебном процессе и динамики развития этих неоднородностей во времени. Эти исследования не претендуют на строгую доказательность, но иллюстрируют возможности графического анализа явлений в учебном процессе.

Раздел 2. Портреты «плохих» и «хороших» групп.

Сложность контрольных работ. Вуз как негативный фильтр для студентов

Основной дисциплиной исследования на протяжении многих лет (1992–2008 годы) была четырехсеместровая «Высшая математика». Случайный процесс $B(T)$ имел при этом 12 сечений (контрольных недель), а случайный процесс $X(T)$ — 7 сечений (КР). Сравнительно малое число КР объясняется внутренним устройством дисциплины. КР применялись как оценочное средство не для всех учебных разделов, а в четвертом семестре их вообще не было.

Система контрольных работ по «Высшей математике» на первом курсе — это семь основных контрольных работ: контрольная по алгебре (КР-АЛГ), контрольная по геометрии (КР-ГЕО), контрольная по математическому анализу (КР-МА), контрольная по производным (КР-ПРО), контрольная по неопределенным интегралам (КР-НИ), контрольная по определенным интегралам (КР-ОИ) и контрольная по дифференциальным уравнениям первого

порядка (КР-ДУ1). Соответствие названий КР, моментов дискретного времени T и случайных величин X_i (оценок за КР) приведено в таблице 1.

Таблица 1

Соответствие обозначений для КР

Название КР	КР-АЛГ	КР-ГЕО	КР-МА	КР-ПРО	КР-НИ	КР-ОИ	КР-ДУ1
T	1	2	3	4	5	6	7
X_i	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7

Разработано автором

При оценке КР автором применялась система баллов, несколько отличная от традиционной. Кроме стандартных оценок «5», «4», «3» и «2» использовались оценки «6» и «1». Оценка «6» выставлялась за блестяще выполненную и оформленную контрольную работу (кстати, число задач в КР обычно также было равно шести, и лишь в КР-ПРО было девять задач). Оценка «1» выставлялась за несданную или «пустую» работу, где нет никаких решений. Заметим, что расширение набора оценок никак не могло повысить итоговых баллов за КР, а скорее даже понижало усредненные оценки студенческих групп. Дело в том, что прогульщиков и неучей в ОмГУПСе все-таки больше, чем супер-отличников. Поэтому усредненные оценки случайных величин X_i , конечно же, не превышают пяти баллов.

Построение траекторий успеваемости шестнадцати групп пяти потоков обнаружило большую вариацию даже этих усредненных графиков. Среди групп четко обнаруживались группы с хорошей и плохой успеваемостью. Причем еще нагляднее, чем с помощью коэффициента качества группы k , различие между группами отслеживалось по их траекториям. Траектории успеваемости групп 28мтф, а также усредненная траектория потока приведены на рисунке 4. Весьма заметно отличие групповых траекторий от потоковой траектории, особенно для наиболее слабой группы 28 м. Именно поэтому следует изучать процессы обучения в каждой группе по-отдельности. Тем более важно изучать индивидуальные траектории успеваемости для каждого студента, в чем мы убедимся далее.

Разброс траекторий средних оценок групп за КР на потоке 28мтф

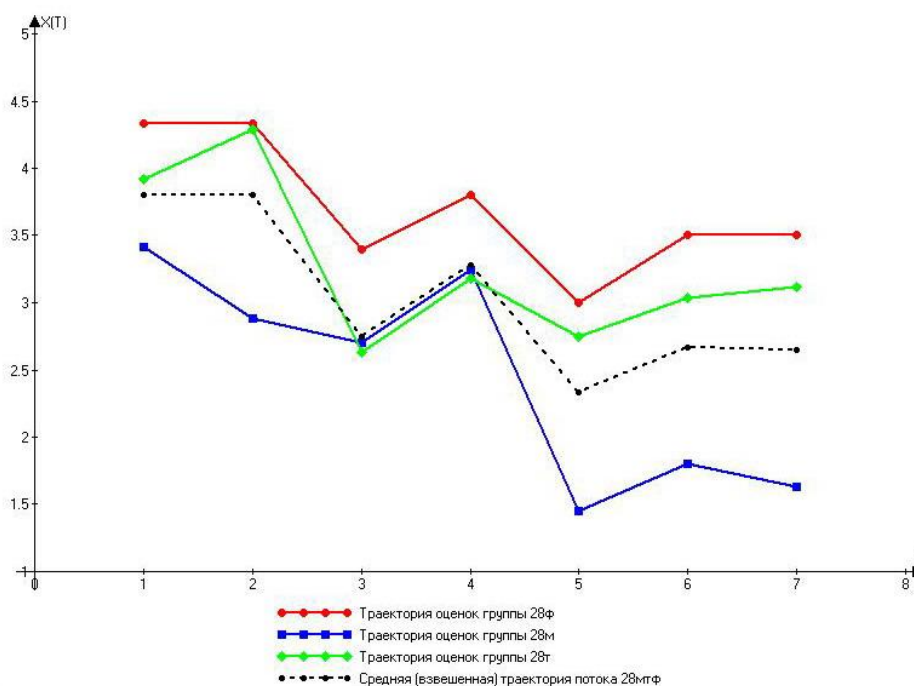


Рисунок 4. Разброс траекторий успеваемости на потоке (разработано автором)

Изучение закономерностей учебы пяти студенческих потоков привело к формированию портретов «хорошей» и «плохой» групп. *Портретом группы* будем называть траекторию, изменение которой во времени характерно для нескольких студенческих групп с одинаковой динамикой успеваемости, со сходным отношением коллектива к учебе. Портреты «хорошей» и «плохой» группы 2000-х годов размещены на рисунке 5. И для «хорошей», и для «плохой» группы простые КР остаются простыми, а сложные КР — сложными. Траектория «хорошей» группы, конечно же, идет выше траектории «плохой» группы. Наиболее важным, однако, является *характер изменения траектории* (динамика успеваемости).

У «хорошей» группы в течение первого семестра ($T = 1, 2, 3$) качество знаний $x(T)$ от темы к теме то повышается, то понижается и зависит в основном от сложности самой темы. Студенты же в течение всего семестра работают добросовестно. У «плохой» группы в течение первого семестра качество знаний постоянно снижается и мало зависит от сложности темы. Студенты постоянно ухудшают свою работу, свою добросовестность. Во втором семестре ($T = 4, 5, 6, 7$) «хорошая» группа активнее повышает свою оценку на простой работе КР-ПРО, а падение оценки вниз на сложной КР-НИ не является катастрофическим. К концу семестра, т. е. к летней сессии, уровень знаний студентов остаётся вполне благополучным. «Плохая» группа во втором семестре свою оценку на простой работе КР-ПРО повышает незначительно, а на контрольной по неопределенным интегралам обычно происходит катастрофа: оценка $x(T)$ падает ниже уровня 2,0. Семестр «плохая» группа так и заканчивает примерно на уровне 2,0.

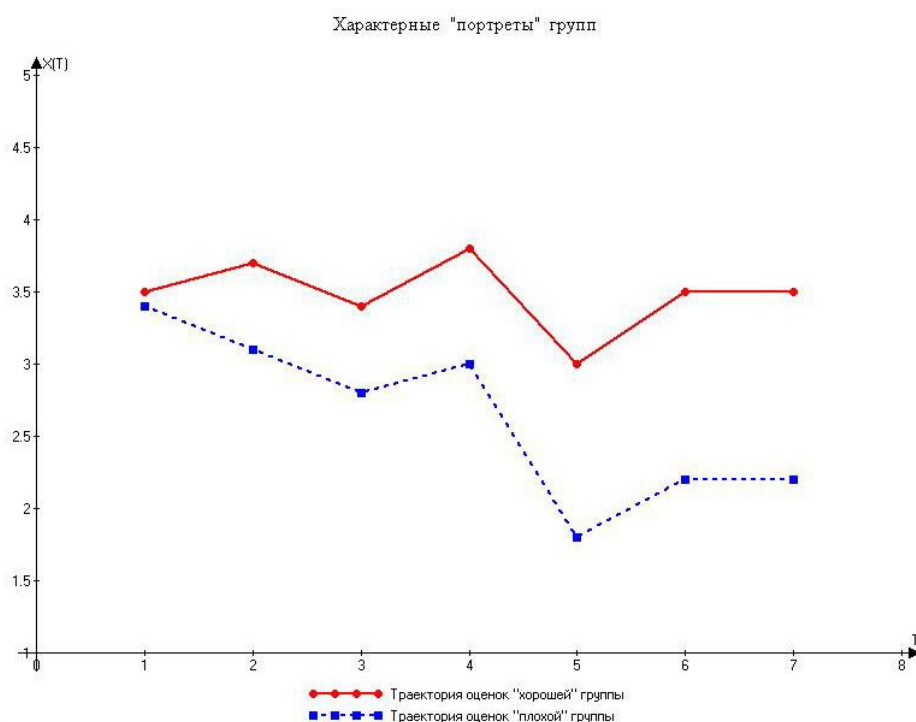


Рисунок 5. Траектории успеваемости «хорошей» и «плохой» групп (разработано автором)

Под упомянутой выше *сложностью* КР автор понимал математическое ожидание оценки MX_i за i -тую контрольную работу, вычисленное по всему набору из 373 студентов пяти потоков. Чем меньше величина мат. ожидания, тем КР сложнее. Данные по сложности КР приведены в таблице 2. Как видим, первые четыре контрольные работы являются для студентов более простыми. Самой простой оказывается для них контрольная работа по аналитической геометрии КР-ГЕО. С началом использования интегралов сложность КР для студентов заметно

возрастает. Наиболее сложной оказывается контрольная работа КР-НИ по неопределенным интегралам, первая среди серьезных работ математического анализа. Как показывает практика, именно неумение (а порой и нежелание) студентов брать неопределенные интегралы определяет их дальнейшие неудачи при изучении «Высшей математики». «Плохие», то есть слабые группы интегрирование просто «выбивает из колеи» (рис. 5). Среднее значение математического ожидания оценки за КР из предложенного набора составляет 3,027 балла, поэтому и в целом набор контрольных работ по «Высшей математике» является для студентов достаточно сложным. Впрочем, сложность эта включает в себя не столько трудность предлагаемых задач, сколько слабость знаний самих студентов и их нежелание, неумение готовиться к КР. Самым же важным фактором в учебных проблемах является неравномерность учебы студентов, резкие колебания их текущей мотивации на выполнение очередной КР, что мы попытаемся показать далее.

Таблица 2

Числовые характеристики оценок за КР

Название КР	КР-АЛГ	КР-ГЕО	КР-МА	КР-ПРО	КР-НИ	КР-ОИ	КР-ДУ1
X_i	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
MX_i	3,359	3,602	3,045	3,476	2,385	2,633	2,686
$v(X_i)$	0,118	0,106	0,149	0,149	0,190	0,232	0,211

Разработано автором

Рассчитанные коэффициенты вариации $v(X_i)$ показывают постепенное нарастание разброса студенческих оценок. Это говорит о нарастании расслоения студенческого контингента на подгруппы с разным характером отношения к учебе. Об этих *типах студентов* мы также поговорим далее.

Интересные результаты, полученные при анализе траекторий успеваемости студентов в 2000-х годах, побудили автора обработать соответствующим образом материалы успеваемости за 1990-е годы. Система КР в то время еще не существовала, ее разработка только начиналась. Поэтому для сравнительного анализа траекторий успеваемости использовался случайный процесс $B(T)$. Усредненные по нескольким потокам данные по 1990-м и 2000-м годам показали существенное отличие в учебе студентов в течение двух первых семестров. Характерные траектории рейтингов шести контрольных недель (КН) приведены на рисунке 6.

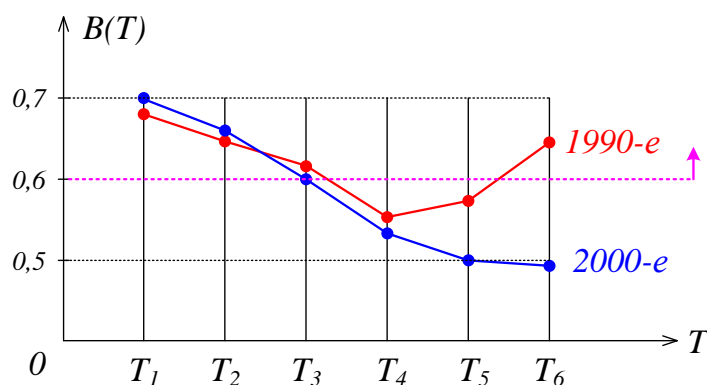


Рисунок 6. Траектории успеваемости первых двух семестров (разработано автором)

Известно, что наиболее сложным для адаптации бывших школьников к учебе в вузе является второй семестр. Материал становится сложнее, накапливается усталость, а навыки работы в вузе еще не сформировались. Однако траектории успеваемости, характерные для двух последовательных десятилетий, *существенно различны*. В 1990-е годы успеваемость студентов

падала особенно низко в начале второго семестра, а к концу семестра дела шли на поправку. Это означает, что траектории попадали в «зону благополучия» $B(T) \geq 0,6$. На рисунке 6 это зона выше сиреневой линии, указанная стрелкой. В 2000-е годы успеваемость продолжала снижаться вплоть до конца второго семестра, достигая (учитывая усредненный характер баллов) весьма низких отметок. По мнению автора, изменение в характере траекторий связано с тем, что в 2000-е годы началась погоня за «сохранением контингента». Желание улучшить свои формальные показатели и не потерять финансирование привело в нашем университете к тому, что должников за зимнюю сессию почти перестали отчислять. Эти двоечники и сами продолжали бездельничать и негативно влияли на характер учебы других студентов своих групп и потоков. В 2010-е годы процесс неправильного администрирования продолжал усугубляться. Ориентация вузов на текущие выгоды (денежные средства) в итоге приводит к значительному ухудшению конечного продукта (выпускаемых специалистов).

Негативные тенденции 2000-х годов можно проиллюстрировать еще одним очень характерным изображением. Автором были построены траектории успеваемости потоков 2000, 2002, 2004 годов приема (рис. 7). Траектории построены в смысле случайного процесса $X(T)$.

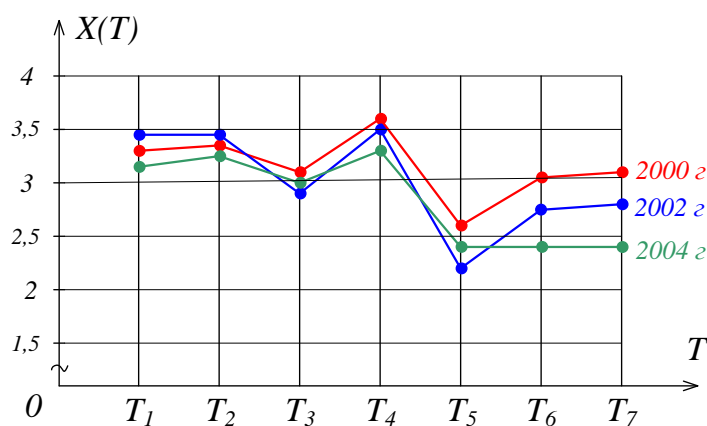


Рисунок 7. Динамика успеваемости трех потоков (разработано автором)

В первом семестре и начале второго семестра характер изменения оценок зависит от сложности КР и траектории успеваемости потоков незначительно отличаются друг от друга. Со середины второго семестра наблюдается резкое «расслоение» траекторий по уровням, причем этот уровень знаний становится все ниже и ниже при переходе от потока к потоку. Поток 2000 года вышел на летнюю сессию на уровне 3,0. Поток 2002 года «выровнялся» к сессии на уровень 2,75, поток 2004 — на уровень 2,45.

В принципе, ОмГУПС можно рассматривать как некий преобразователь, а исходные знания студентов — как входной сигнал. Тогда мы наблюдаем «фильтрацию» сигнала на определенный ($\approx const$) уровень, который явно понижается от года к году. Но входной-то сигнал почти одинаков, а условия проведения эксперимента (написания КР) строго сохранялись! Значит, в рассматриваемом преобразователе существует усиливающееся дополнительное воздействие, лежащее вне сферы обучения математике. Это воздействие имеет негативный характер и проявляется во втором семестре обучения. По мнению автора, таким воздействием в первую очередь может служить неправильное администрирование, а во вторую очередь — влияние некоторых других учебных дисциплин, где требования к студентам искусственно занижаются. Влияние дополнительного фактора резко ощущается со середины второго семестра, поэтому таким фактором, скорее всего, является неотчисление должников за зимнюю сессию, приводящее к резкому снижению мотивации студентов к учебе.

Раздел 3. Колебательные мотивационные процессы и их влияние на траектории успеваемости

Основной дисциплиной исследования в 2010-е годы была трехсеместровая дисциплина «Математический анализ». Случайный процесс $B(T)$ имел при этом 9 сечений (контрольных недель), а случайный процесс $X(T)$ — 7 сечений (КР). Контрольные работы применялись как оценочное средство не для всех учебных разделов, в последнем семестре была лишь одна КР.

Система контрольных работ по «Математическому анализу» отличалась от системы КР по «Высшей математике». Контрольные работы КР-АЛГ и КР-ГЕО в ней отсутствовали. В систему добавились: контрольная работа по функциям нескольких переменных (КР-ФНП), контрольная по двойным интегралам (КР-ДИ) и контрольная по теории поля (КР-КИТ). Соответствие названий КР, моментов дискретного времени T и случайных величин X_i (оценок за КР) приведено в таблице 3.

Таблица 3

КР дисциплины «Математический анализ»

Название КР	КР-МА	КР-ПРО	КР-НИ	КР-ФНП	КР-ДИ	КР-КИТ	КР-ДУ1
T	1	2	3	4	5	6	7
X_i	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7

Разработано автором

В процессе исследования оценивались данные трех потоков 2014–2016 годов набора. Потоки эти были «элитными». На потоке было обычно две-три группы, а в группах число студентов не превышало 12 человек. В итоге исследование охватывало 72 студента, 7 групп.

Основные вопросы исследования:

1. Одинакова ли динамика прохождения студенческих групп по набору контрольных работ $\{T_i\}$?
2. Каковы наиболее сложные для студентов контрольные работы в рассматриваемом наборе $\{T_i\}$?
3. Велика ли вариация оценок студенческих групп и какими причинами она обусловлена?

Уровень сложности КР оценивался по математическому ожиданию MX_i . Данные потоков 2014–2016 годов показаны в таблице 4. Для сравнения в этой же таблице помещены результаты для потоков 2000-х годов по тем же КР (красная строка).

Таблица 4

Сложность КР дисциплины «Математический анализ»

Название КР	КР-МА	КР-ПРО	КР-НИ	КР-ФНП	КР-ДИ	КР-КИТ	КР-ДУ1
MX_i	2,81	3,22	2,65	3,11	2,71	2,99	3,61
MX_i	3,05	3,48	2,39	–	–	–	2,69

Разработано автором

Как видим, результаты КР по вычислению пределов и дифференцированию у «элитных» студентов 2010-х годов заметно хуже. А вот оценки по неопределенным интегралам и особенно по дифференциальным уравнениям — лучше. Впрочем, как и прежде, наиболее сложной для студентов является КР-НИ по неопределенным интегралам. Почти такой же сложной является и контрольная работа по двойным интегралам КР-ДИ. Контрольные работы, где основным

математическим действием является дифференцирование (КР-ПРО, КР-ФНП) для студентов в среднем проше. Траектории успеваемости групп 2010-х годов приведены на рисунках 8–10.

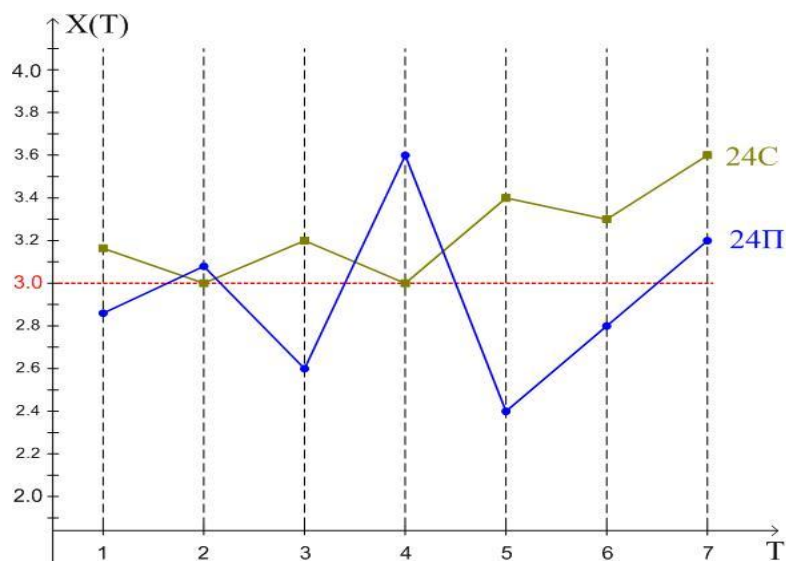


Рисунок 8. Траектории групп потока 2014 года (разработано автором)

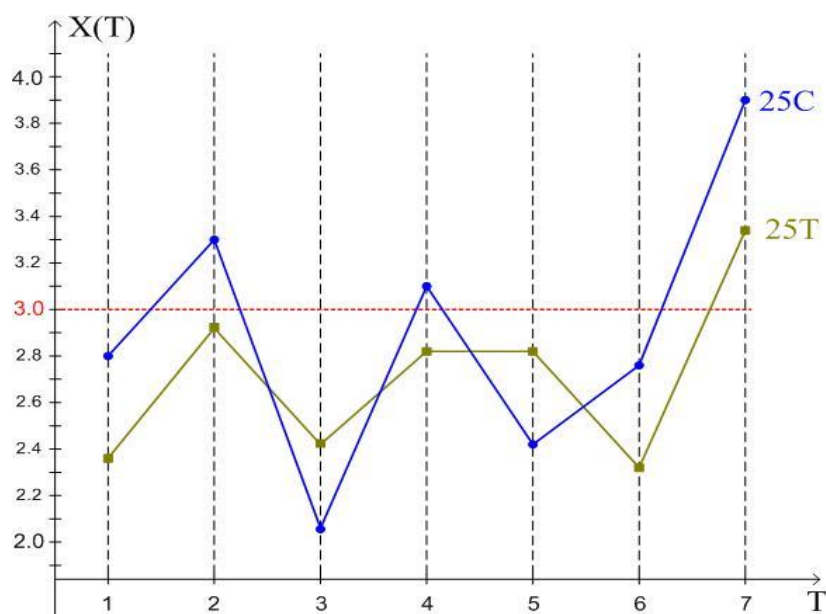


Рисунок 9. Траектории групп потока 2015 года (разработано автором)

Обнаруживаем, что усредненные данные, приведенные в таблице 4, вводят нас в заблуждение относительно динамики успеваемости отдельных студенческих групп. Динамика прохождения студенческих групп по набору контрольных работ $\{T_i\}$ различна, что демонстрируют нам траектории успеваемости, изображенные на рисунках 8–10.

Как отмечается в авторской статье [21], «Вариация средних оценок студенческих групп от одной КР к другой очень значительна. Приведенные траектории еще раз подтверждают неравномерность учебных усилий студентов-первокурсников. Характер вариации в большинстве случаев имеет вид *колебательного процесса*, в котором подъемы чередуются с провалами». Интересным является факт, что вовсе не обязательно согласование колебаний траекторий успеваемости групп с объективной сложностью самих КР. Среди групп трех исследуемых потоков можно выделить две последовательности. У основной

последовательности групп (24П, 25С, 25Т, 26С, 26П) провалы успеваемости попадают на наиболее сложные КР по интегралам, а ее подъемы — на более простые КР по дифференцированию. У дополнительной последовательности групп (24С, 26Т) все происходит наоборот. Таким образом, наибольшее влияние на успеваемость оказывает не сложность КР, а некий другой фактор. Автор считает, что таким фактором для современных студентов является уровень мотивации к подготовке и выполнению очередной КР.

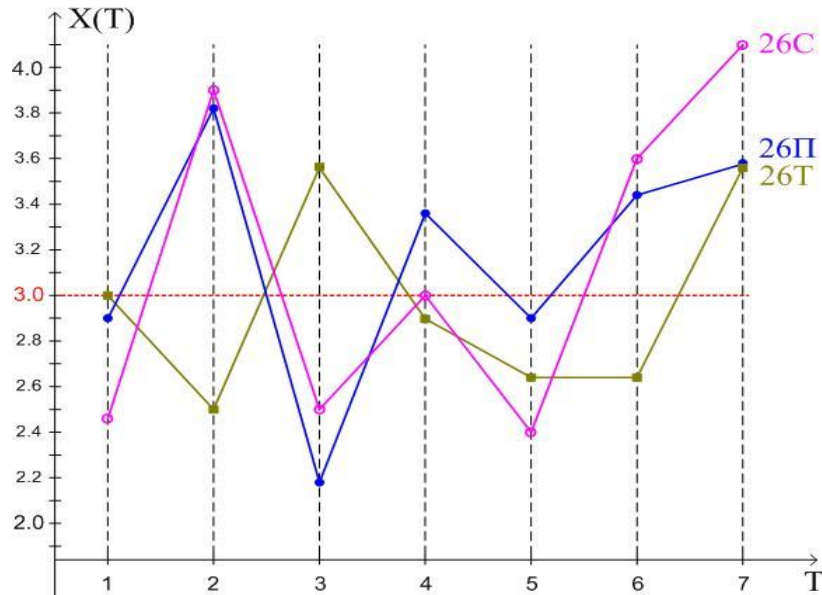


Рисунок 10. Траектории групп потока 2016 года (разработано автором)

Регулярное чередование подъемов траектории успеваемости с провалами, далеко не всегда согласующееся со сложностью выполняемых заданий, приводит к мысли, что мы наблюдаем в этих траекториях колебания мотивации обучаемых. По опыту автора, в малых студенческих коллективах наблюдается почти полное единство в отношении к учебе. Получив на очередной КР плохие оценки, к следующей КР студенты готовятся значительно лучше, а имея хорошие результаты, мгновенно успокаиваются и в итоге проваливают следующую работу. Дело в том, что студенты имеют много учебных дисциплин и вынуждены распределять усилия между ними. Кроме того, большинство из них пришли в вуз за дипломом, им требуется успешное прохождение учебной дисциплины, а не знания и умения. Изображенные на рисунках 8–10 процессы объясняются тем, что разные группы выходили на соответствующие КР в «мотивационной противофазе». Под «мотивационной противофазой» автор понимает противоположное (негативное или позитивное) мотивационное состояние малого коллектива. Таким образом, важным оказывается мотивационный настрой группы в течение первых пяти недель учебы в вузе. Он задает реализующийся затем колебательный процесс траектории успеваемости студенческой группы на длительное время.

Как указывается в работе [21], подтверждением рассуждений о доминировании мотивационных колебаний «являются баллы за последнюю, седьмую КР по дифференциальным уравнениям. Сама по себе эта КР достаточно сложна, но студенты пишут ее на втором курсе, отдохнув после летних каникул и проанализировав свои прежние неудачи. Поэтому у всех групп (добавим: 2010-х годов) при $T = 7$ траектория идет вверх, давая зачастую наивысшие баллы за весь период обучения математическому анализу». При изучении же дисциплины «Высшая математика» КР-ДУ1 хотя и имела тот же «номер» сечения $T = 7$, но приходилась на конец второго семестра (самый тяжелый момент учебы в вузе). Поэтому баллы за эту КР в 2000-х годах оказывались намного ниже (табл. 4).

Итак, вариация оценок студенческих групп при изучении дисциплины «Математический анализ» велика. Динамика траекторий успеваемости студенческих групп различна и обусловлена в первую очередь колебаниями мотивации к учебе, и лишь затем — сложностью КР дисциплины. Подтверждается сложность для студентов в первую очередь процедур интегрирования функций в любых теоретических «упаковках».

Раздел 4. Индивидуальные траектории успеваемости студентов. Типы студентов. Влияние неравномерности учебы на ее результаты.

Впервые индивидуальные траектории успеваемости каждого студента автор построил в 2012 году. Результаты построения привели его в состояние, близкое к шоковому. Плавные траектории успеваемости потоков или студенческих специальностей оказались годными лишь для общих выводов, скрывающими реальную картину учебного процесса. Достаточно резкие колебания траекторий успеваемости отдельных групп оказались очень «милыми» и «аккуратными» закономерностями по сравнению с почти полным хаосом индивидуальных траекторий студентов. Студенческие траектории вида $b = b(T)$ даже одной — двух групп заполняли достаточно плотно весь диапазон оценок от «0» до «1» (от нуля до ста баллов). Более того, траектории многих студентов испытывали резкие колебания вверх и вниз почти по всей полосе этого диапазона! В исследовании применялся случайный процесс типа $B(T)$ (баллы рейтинга за контрольные недели), а изображение индивидуальных траекторий успеваемости студентов имеется в работе [20].

Классическое разбиение студентов на *отличников, ударников, троечников и двоечников* оказалось неверным. Отличники, занимающиеся всегда на высшем уровне, и двоечники, совсем ничего не делающие по дисциплине, встречаются как единичные случаи. А вот ударников, равномерно занимающихся на оценку «хорошо», и троечников, стабильно тянущихся на «удовлетворительно», практически не встречается. Большинство студентов учатся крайне *неравномерно* и являются, по сути дела, «разгильдяями» с разным уровнем способностей и интеллекта. Всего в статье [20] подробно описано шесть различных *типов студентов*. Каждый из этих типов характеризуется различным видом траектории успеваемости и представлен достаточным количеством конкретных студентов. При анализе данных по успеваемости студентов 2020–2022 годов обучения мы проиллюстрируем некоторые из этих типов. Наблюдая за дальнейшей судьбой студентов с большими колебаниями траекторий успеваемости, автор должен заметить, что *середняки-разгильдяи*, имеющие хорошие способности, борются в итоге за оценку «удовлетворительно» (и не всегда даже ее сразу получают). Что касается *разгильдяев истинных*, имеющих сравнительно низкие способности к математике, то неравномерность учебы приводит их всех к отчислению из вуза (не на первом курсе, так на втором или третьем). Таким образом, именно *неравномерность учебы* и *неравномерность мотивации к занятиям* являются основной причиной неуспеха современных студентов. Слабые школьные знания являются лишь «почвой» для подобного поведения. Плохая организация учебного процесса и нерадивые преподаватели могут усугубить трудности, но не являются главной причиной некачественной учебы.

Перейдем к конкретным иллюстрациями индивидуальных траекторий успеваемости студентов. Автор располагает данными об успеваемости студентов 2020–2022 года учебы по дисциплине «Математика». Случайный процесс $B(T)$ этой дисциплины имел 12 сечений (контрольных недель) за четыре семестра обучения. В качестве примера автор выбрал наиболее благополучную группу 20Б своего потока. «Благополучие» состояло в том, что все студенты данной группы успешно сдали зачет за четвертый семестр. Однако к концу процесса обучения «Математике» сохранилось только 6 студентов из 25 обучающихся, принятых в сентябре 2020

года на первый курс. Характер учебы студентов за 10–15 прошедших лет резко изменился. Преобладают теперь студенты, просто не посещающие занятия либо ничего на них не делающие. На каждой промежуточной аттестации часть студентов переводится на другие специальности, уходит в академический отпуск или в другие вузы. Перемещаясь между различными «точками сгущения», студенты продолжают бездельничать в течение нескольких лет. Группа 20Б, потерявшая наибольшее число исходного контингента, в итоге оказалась «лучшей» на потоке. Просто ушли все посторонние и случайные люди... Траектории успеваемости студентов группы 20Б показаны на рисунке 11. Фамилии студентов, используемые в работе, изменены по морально-этическим причинам.

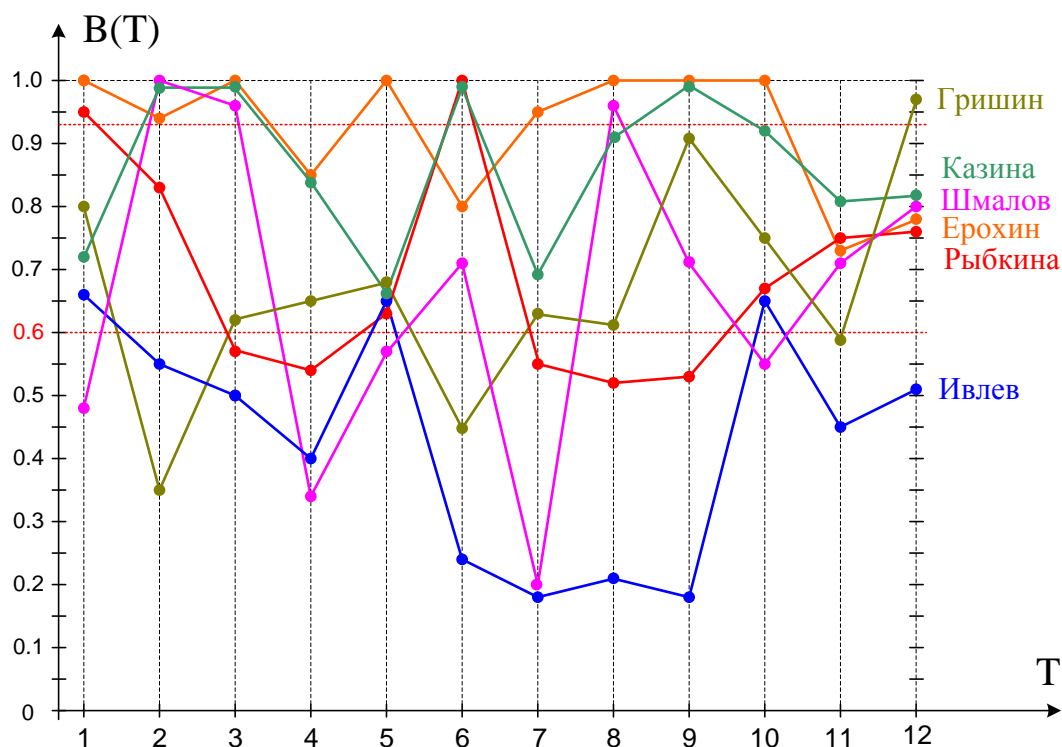


Рисунок 11. Индивидуальные траектории успеваемости студентов (разработано автором)

Следует заметить, что траектории вида $b = b(T)$ учитывают не только контрольные работы, но и посещение занятий, работу у доски, выполнение домашних расчетов, ответы на теоретических собеседованиях. Поэтому здесь колебания успеваемости не имеют четкого чередования вверх-вниз, обусловленного текущей мотивацией, а имеют более серьезные и глубокие причины.

Рассмотрим траектории успеваемости конкретных студентов. Студент Ерохин — отличник. У него больше, чем у кого-либо в группе, 100-балльных рейтингов за КН (8 из 12). Траектория успеваемости не опускается ниже уровня 0,8. Последние две контрольные точки ($T = 11, 12$) не показательны. Здесь вступает в действие негативное свойство рейтинговой системы накопления баллов, описанное в статье [4]. К концу семестра некоторые студенты, обучающиеся по БРС, перестают работать, так как баллов уже достаточно. В четвертом семестре дисциплины «Математика» был зачет, который по правилам администрации нашего вуза выставляется автоматически при рейтинге 0,6 и выше. Поэтому Ерохин несколько «сбавил обороты» по математике и переключился на другие виды работ. На рисунке 11 видно, что большинство траекторий завершились в узкой окрестности 0,75–0,82. Студенты гарантировали себе «зачет автоматом» с некоторым запасом. Только наименее организованный студент Ивлев требуемого уровня баллов не набрал, сдавал зачет по-настоящему, и успешно сдал его.

Студентка Казина может быть классифицирована как *мета-отличница*. Хотя достаточно часто (4 раза) ее траектория успеваемости достигает максимума, но трижды эта траектория опускается на уровень «удовлетворительно». Студентка ставила себе самые высокие цели, но не смогла их полностью реализовать из-за неравномерностей в учебе. Оценки на экзаменах у Казиной всегда на уровне «хорошо», но я не могу назвать ее *ударницей*. Это в точности не состоявшаяся отличница, пострадавшая из-за неравномерности своих учебных усилий.

Студентка Рыбкина является *середняком-методистом*. Об этом свидетельствуют большие (длительностью в семестр) интервалы примерного постоянства ее траектории успеваемости. К сожалению, эти интервалы имеют уровень очень слабой тройки, несмотря на высокие способности студентки. Девушка выбрала себе стратегию постоянной организованной учебы «по минимуму» и достаточно строго ее придерживалась. А вот на экзамене начиналась борьба за оценку «хорошо»! Отсутствие пробелов в знаниях позволяло Рыбкиной лучше подготовиться к экзамену и сдавать его на хорошую оценку, хотя и с большими усилиями.

Студент Шмалов — характерный пример *середняка-разгильдяя*. В течение всего изучения дисциплины (за исключением первого семестра) он испытывал большие проблемы с организацией своей учебы. Траектория успеваемости имеет значительные колебания вверх и вниз. Провалы по отдельным темам и в целом неравномерная учебная работа позволяли Шмалову получать на сессии лишь оценки «удовлетворительно», и то с трудом. При этом трижды текущие рейтинги студента приближались к максимуму, но эти отдельные успехи «погоды не сделали».

Промежуточное положение между Шмаловым и Рыбкиной занимает студент Гришин. Это *середняк*, у которого методичная (равномерная) работа чередовалась с неравномерностями разгильдяйства. То, что Гришин может учиться значительно лучше при соответствующей мотивации, было автору очевидно. Когда на предпоследней КН рейтинг Гришина опустился ниже 0,6, студент резко мобилизовался. В результате он закончил учебу с самым высоким рейтингом в группе, приближающимся к 1,0.

Худшим по успеваемости в группе 20Б был студент Ивлев. Его траектория лишь изредка превышала уровень 0,6. Колебания успеваемости имеют особый характер. В течение третьего семестра Ивлев практически не учился, однако современная система администрирования позволила ему сохраниться в качестве студента. В то же время автор не может классифицировать Ивлева как *двоечника*. Скорее всего, это крайний случай *разгильдяя истинного*. Сделать такой вывод автору помогает дополнительная информация. На самом деле, студент Ивлев очень умный человек, а по дисциплине «Программирование и информатика» просто лучший на потоке. Видимо, его расчет оказался верным, и он сумел «проскочить» «Математику», ничего толком не делая. Таким образом, траектории успеваемости являются все-таки довольно грубым аппаратом оценивания, не учитывающим тонкости личности студента и конкретных обстоятельств его жизни.

Раздел 5. Учет влияния неравномерности траектории успеваемости при получении итоговых оценок качества учебы

Индивидуальные студенческие траектории успеваемости $b = b(T)$ или $x = x(T)$ являются конкретными реализациями соответствующих случайных процессов. Это обычные (неслучайные) процессы и усреднять их можно только по дискретному времени T . Такое усреднение есть обсуждавшийся во введении статьи *интегральный рейтинг*, который может быть рассчитан разными способами — от среднего арифметического до сложных систем весовых коэффициентов или предпочтений. Обозначим соответствующий усредненный

рейтинг как Mb или Mx — математическое ожидание по времени T . В дальнейшем, хотя речь будет идти в первую очередь о рейтинговых баллах $b = b(T)$, а не об оценках КР $x = x(T)$, будем применять единые обозначения $x = x(T)$ и Mx для удобства записи математических формул.

Введем обозначение $v = v(x)$ для *итоговой оценки* студента, то есть для *оценки процесса* $x = x(T)$. При традиционном подходе БРС $v(x) = Mx$, то есть усредненному некоторым способом рейтингу. При этом, как правило, не учитываются неравномерности в учебе студента, оказывающие во многих случаях доминирующее влияние на характер и результат учебы. Автор предлагает учесть неравномерность (равномерность) траекторий успеваемости для корректировки в меньшую или большую сторону интегрального рейтинга Mx . В простейшем виде эта идея имеет вид: $v(x) = Mx \mp \Delta(x)$. Следует объявить войну неравномерности студенческих усилий по дисциплине. Это можно осуществить путем оценивания с учетом не только среднего уровня достигнутых умений, но характера колебательного процесса траектории успеваемости, то есть равномерности или неравномерности учебы. При этом необходимо подробно объяснить студентам преимущества равномерной учебной работы если не в смысле более качественных знаний, так хотя бы в смысле более высоких рейтингов.

В статье [20] автором была предложена формула расчета величины $v = v(x)$ с учетом не только среднего уровня учебы Mx , но и с учетом величины текущих колебаний процесса $x = x(T)$. Негативные свойства траекторий (малое мат. ожидание и значительная амплитуда колебаний) — должны быть разумно учтены в единой числовой характеристике. Если рассматривать траекторию успеваемости как дискретный процесс $x(T) = \{x_i = b(T_i), i = 1, \dots, N\}$, где N — количество учитываемых контрольных недель, то для итоговой оценки предлагается формула:

$$v(x) = 1 - \frac{1}{\alpha \cdot N ((Mx)^2 + 1)} \left(\sum_{i=1}^{N-1} |x_{i+1} - x_i| + \alpha \cdot N (1 - Mx) \right), \quad (1)$$

где $Mx = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$ — средний рейтинг N контрольных недель,

$\alpha \in R^+$ — параметр, регулирующий влияние колебаний траектории.

В статье [20] рекомендовалось использовать $\alpha = 2$ при «осторожном учете» нерегулярностей учебы, а $\alpha = 1$ при «усиленном внимании» к подобным колебаниям. Другие значения параметра α и его предельное поведение не рассматривалось. Проанализируем предельные значения параметра α , а также работу формулы (1) на постоянном по величине процессе $x = C$, $C = const$.

Так как траекторий успеваемости совсем без колебаний, для которых сумма вариаций $\sum_{i=1}^{N-1} |x_{i+1} - x_i|$ равна нулю, практически не бывает, то при $\alpha = 0$ имеем:

$$v(x) = 1 - \infty \cdot \left(\sum_{i=1}^{N-1} |x_{i+1} - x_i| + 0 \right) = -\infty .$$

Таким образом, величину $\alpha = 0$ на практике брать невозможно, так как оценка успеваемости $v = v(x)$ при этом теряет смысл.

При $\alpha \rightarrow +\infty$ формула (1) преобразуется внесением множителя в скобку:

$$v(x) = 1 - \left(0 + \frac{1 - Mx}{(Mx)^2 + 1} \right) = \frac{(Mx)^2 + 1 - 1 + Mx}{(Mx)^2 + 1} = \frac{(Mx)^2 + Mx}{(Mx)^2 + 1}$$

Замечаем, что теперь оценка $v(x)$ не зависит от процесса $x = x(T)$, а является функцией мат. ожидания Mx . Причем при любых значениях Mx имеем $v(x) \geq Mx$. Итак, при $\alpha \rightarrow +\infty$ получена формула *предельного увеличения* классической рейтинговой оценки $v(Mx) = Mx$ при учебных усилиях студента, близких к равномерным. Эту новую величину оценки автор обозначает $v^+(Mx)$. Имеем:

$$v^+(Mx) = \frac{(Mx)^2 + Mx}{(Mx)^2 + 1} . \quad (2)$$

Наличие в формуле (2) глубокого внутреннего смысла подтверждается ее сравнением с результатом применения формулы (1) к процессу $x(T) = C$. Пусть $x = C$. Подставим это значение в формулу (1). Получаем:

$$v(C) = 1 - \frac{1}{\alpha \cdot N (C^2 + 1)} \left(\sum_{i=1}^{N-1} (0) + \alpha \cdot N (1 - C) \right) = 1 - \frac{1 - C}{C^2 + 1} = \frac{C^2 + C}{C^2 + 1} . \quad (3)$$

В итоговом результате (3) нет зависимости от параметра α , а есть только зависимость от уровня успеваемости. Более того, сама формула $v(C)$ имеет ту же структуру, что и формула $v^+(Mx)$. Это свидетельствует, что формула *поощрительной оценки за стабильность в учебе* (2) соответствует постоянным (или почти постоянным) траекториям успеваемости типа $x(T) \approx C$.

Для штрафования студентов за нестабильную учебу вводим симметричное отклонение от классического рейтинга Mx вниз: оценку $v^-(Mx)$. Она вычисляется по формуле $v^-(Mx) = Mx - \delta(Mx)$, где $\delta(Mx) = v^+(Mx) - Mx$. В итоге:

$$v^-(Mx) = 2Mx - v^+(Mx) . \quad (4)$$

Полученные автором формулы (2) и (4) можно применять для корректировки классической рейтинговой оценки Mx при наличии значительных колебаний траектории успеваемости или при их почти полном отсутствии. Если формула (1) имела *апостериорный смысл*, и студент мог быть адекватно оценен лишь после прохождения им набора из N контрольных точек, то формулы (2) и (4) могут быть применены преподавателем при текущем выставлении рейтинговой оценки (например, за семестр или даже во время семестра). При

стабильном характере учебы преподаватель может достаточно уверенно вычислять рейтинг студента по *поощрительной формуле* $v^+(Mx)$, а при наличии резких колебаний в учебе — по *штрафной формуле* $v^-(Mx)$. При этом новые величины даже лучше оценивают уровень качества знаний и умений студентов, более точная оценка которых была невозможна при подходе $v(Mx) = Mx$.

Перейдем от формул к вычислению конкретных величин оценок $v(Mx)$, $v^+(Mx)$, $v^-(Mx)$ и к построению графической иллюстрации. Вычисленные автором значения оценок получены по двум равномерным сеткам значений рейтинга Mx , но при наложении этих сеток получилась сетка неравномерная, что не должно тревожить читателей. Результаты расчетов (с округлением до двух знаков после запятой) приведены в таблице 5.

Таблица 5

Расчет итоговой оценки тремя способами

Рейтинг Mx	Оценка $v(Mx)$	Оценка $v^+(Mx)$	Оценка $v^-(Mx)$
$Mx = 1$	1	1	1
$Mx = 0,8$	0,8	0,88	0,72
$Mx = 0,75$	0,75	0,84	0,66
$Mx = 0,6$	0,6	0,71	0,49
$Mx = 0,5$	0,5	0,60	0,40
$Mx = 0,4$	0,4	0,48	0,32
$Mx = 0,25$	0,25	0,29	0,21
$Mx = 0,2$	0,2	0,23	0,17
$Mx = 0$	0	0	0

Разработано автором

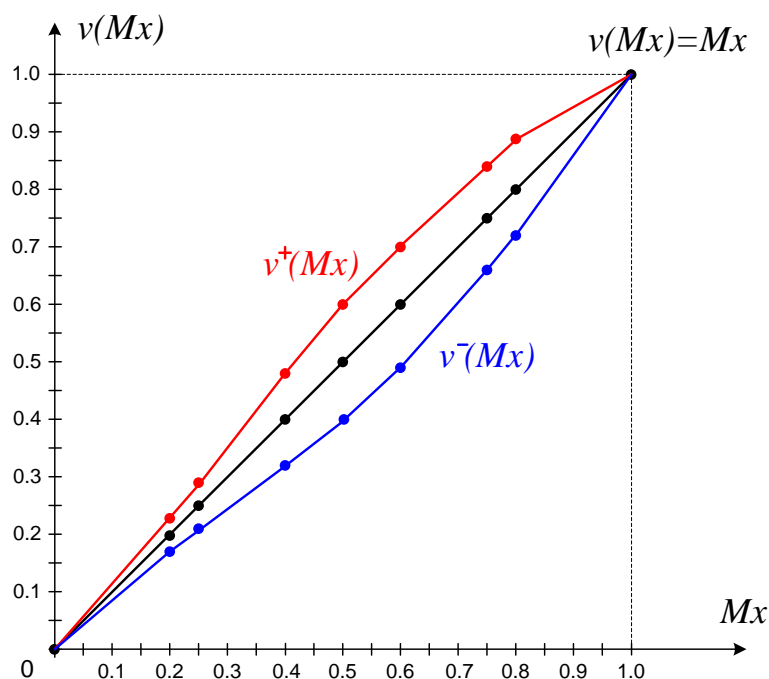


Рисунок 12. Графическая иллюстрация трех расчетных формул оценки (разработано автором)

Величины оценок, помещенные в таблицу 5, использованы для построения иллюстрации в виде трех зависимостей от аргумента Mx . Зависимости демонстрируют, насколько, по мнению автора, должен быть скорректирован интегральный рейтинг студента при стабильности или резкой неравномерности его учебы. Полученная картинка оценочных кривых (рис. 12) чем-то напоминает петлю гистерезиса из курса физики. Заметим, что не слишком большие по абсолютной величине поправки классической оценки в относительном масштабе очень значительны, особенно для «рабочего» диапазона баллов рейтинга от $Mx = 0,4$ до $Mx = 0,8$.

Итоги и выводы

Траектории успеваемости учебных потоков, групп и отдельных студентов полезны при изучении и осмыслении процессов, происходящих в образовательной среде современного вуза. Графическое построение траекторий успеваемости стимулирует исследование резких неоднородностей в учебном процессе и динамики развития этих неоднородностей во времени. Исследования автора не претендуют на строгую доказательность, но иллюстрируют возможности графического анализа явлений успеваемости, мотивации студентов, неверного администрирования.

Показана необходимость построения и анализа не только усредненных траекторий успеваемости студенческих потоков и специальностей, но также траекторий отдельных групп и индивидуальных траекторий студентов. Продемонстрирована работа вуза как негативного фильтра-преобразователя, понижающего успеваемость студентов от набора к набору в 2000-е годы. В результате траектории успеваемости 2000-х годов имеют качественно иную структуру и отличны от траекторий 1990-х годов в худшую сторону.

Обнаружено значительное влияние текущей мотивации студенческой группы на результаты выполнения контрольных работ. Можно говорить о колебательном мотивационном процессе, влияние которого на успеваемость порой больше, чем влияние сложности и характера заданий самих контрольных работ.

Изучение индивидуальных траекторий успеваемости студентов демонстрирует резкие колебания успеваемости и хаотичный, неравномерный характер учебы большинства студентов. Именно неравномерность учебных усилий является, на взгляд автора, основной причиной плохой успеваемости и отчисления многих студентов из вуза. По характеру динамики успеваемости можно выделить не менее шести типов студентов, что отличается от традиционной их классификации по уровню среднего рейтинга.

Предложена формула расчета итоговой оценки студента, учитывающая как средний интегральный рейтинг, так и неравномерности учебы студента. На базе основной расчетной формулы получены зависимости для пересчета в большую или меньшую сторону рейтинга студента при стабильности или нестабильности его учебы. Автор предлагает использовать подобный расчет оценок, который будет стимулировать студентов к равномерной учебе на доступном для каждого из них уровне.

Автор считает, что необходимо развивать подход, позволяющий вычислять по отдельной траектории разнообразные ее характеристики. Это может быть более строгий, чем в данной статье, учет колебательных явлений. При этом возможно применение аппарата гармонического анализа. Это может быть дифференциальный подход, учитывающий малые приращения траектории и знаки таких приращений. При этом возможно применение аппарата дифференциального исчисления. Кусочно-линейные аппроксимации, использованные в данной статье, можно заменить, к примеру, кубическими сплайнами. При этом возможно применение

теории интерполяции функций. В целом же требуется уйти от анализа сечений случайных процессов в конкретные моменты времени (от распределений случайных величин) к анализу самих траекторий как графиков и свойств этих кривых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лепеньшева, А.А. Компьютеризированное динамическое оценивание в обучении иностранному языку / А.А. Лепеньшева // Мир науки. Педагогика и психология. — 2020. — Т. 8. — № 4. — 10 с.
2. Кирк, Я.Г. Модель расчета балльно-рейтинговой системы оценивания по дисциплине / Я.Г. Кирк, Е.В. Кулинская // Педагогика. Вопросы теории и практики. — 2019. — Т. 4. — № 3. — С. 39–45.
3. Аржаник, М.Б. Организация контроля знаний в высшей школе: итоговый контроль как продолжение текущего / М.Б. Аржаник, Е.В. Черникова // Сибирский педагогический журнал. — 2010. — № 10. — С. 79–84.
4. Аржаник, М.Б. Усовершенствование системы контроля знаний: два вида рейтинговой системы / М.Б. Аржаник, Е.В. Черникова // Вестник Томского государственного педагогического университета. — 2010. — № 1(91). — С. 145–149.
5. Романов, Е.Л. Автоматизация учета рейтинга успеваемости студентов / Е.Л. Романов // Открытое и дистанционное образование. — 2014. — № 2(54). — С. 55–62.
6. Рубанова, Н.А. О рейтинговой системе в дистанционном обучении математике будущих инженеров / Н.А. Рубанова // Мир науки. Педагогика и психология. — 2020. — Т. 8. — № 2. — 8 с.
7. Чандра, М.Ю. Стратегии оценивания компетенций студентов в процессе освоения образовательной программы вуза / М.Ю. Чандра, Е.А. Байкина // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. — 2018. — № 7(130). — С. 10–15.
8. Вербицкий, А.А. Личностный и компетентностный подходы в образовании: проблемы интеграции / А.А. Вербицкий // М.: Логос — 2009. — 336 с.
9. Кудрина, Е.А. О внутренней противоречивости компетентностного подхода в оценивании образовательных результатов / Е.А. Кудрина // Педагогика. Вопросы теории и практики. — 2020. — Т.5. — № 6. — С. 835–841.
10. Землянская, Е.Н. Формирующее оценивание образовательных достижений учащихся в начальном общем образовании: подготовка учителей / Е.Н. Землянская // Педагогика. Вопросы теории и практики. — 2022. — Т. 7. — № 4. — С. 449–455.
11. Землянская, Е.Н. Формирующее оценивание (оценка для обучения) образовательных достижений обучающихся / Е.Н. Землянская // Современная зарубежная психология. — 2016. — Т. 5. — № 3. — С. 50–58.
12. Землянская, Е.Н. Критериальное оценивание образовательных достижений студентов вуза / Е.Н. Землянская // Педагогика. Вопросы теории и практики. — 2020. — Т. 5. — № 2. — С. 142–147.

13. Землянская, Е.Н. Новые формы оценивания образовательных результатов студентов / Е.Н. Землянская // Психолого-педагогические исследования. — 2015. — Т. 7. — № 4. — С. 103–114.
14. Краснопеева, Т.О. Проектирование индивидуальных образовательных траекторий в информационной образовательной среде / Т.О. Краснопеева, А.И. Шевченко, С.К. Гураль // Язык и культура. — 2020. — № 51. — С. 153–176.
15. Слепова, С.В. Выстраивание индивидуальной образовательной траектории в современном учебном процессе / С.В. Слепова, Н.Р. Саврасова // Международный журнал экспериментального образования. — 2021. — № 1. — С. 52–57.
16. Гресс, Е.С. Методика многофакторного рейтингового оценивания персональных навыков обучающихся / Е.С. Гресс, С.С. Крылов, А.М. Марасанов // Качество. Инновации. Образование. — 2016. — № 11(138). — С. 19–35.
17. Чурляева, Н.П. Особые точки на траектории учебного процесса в техническом вузе / Н.П. Чурляева // Вестник сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетова. — 2006. — № 1(8). — С. 154–158.
18. Сизиков, В.П. Без Марковских процессов статистика пуста / В.П. Сизиков // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. — 2018. — № 6. — С. 252–257.
19. Сизиков, В.П. Внимание к качеству моделей / В.П. Сизиков // Омские научные чтения — 2018. Материалы Второй Всероссийской научной конференции. Ответственный редактор Т.Ф. Ящук / Омский гос. ун-т. — Омск, ОмГУ, 2018. — С. 345–347.
20. Окишев, С.В. Динамика успеваемости учебных групп и отдельных студентов: визуализация и попытки анализа / С.В. Окишев // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе: Материалы второй межвузовской научно-методической конференции. / Омский гос. тех. ун-т. — Омск, ОмГТУ, 2012. — С. 137–144.
21. Окишев, С.В. Система контрольных работ как инструмент оценки успеваемости студенческих групп / С.В. Окишев // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. — 2018. — № 6. — С. 194–201.
22. Окишев, С.В. Принципы организации цикла контрольных работ по дисциплине «Высшая математика» для студентов железнодорожных специальностей / С.В. Окишев // Новые технологии — железнодорожному транспорту: подготовка специалистов, организация перевозочного процесса, эксплуатация технических средств: сборник научных статей в четырех частях. Омск — 2000. — Ч. 1. — С. 44–45.
23. Окишев, С.В. Электронный УМКД «Математический анализ»: поддержка традиционного обучения / С.В. Окишев // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. — 2016. — № 4. — С. 92–97.
24. Окишев, С.В. Проблема создания и использования генераторов и решателей математических задач / С.В. Окишев // Мир науки. — 2018. — Т. 6. — № 3. — 15 с.

Okishev Sergey Vladimirovich

Omsk State Transport University, Omsk, Russia

E-mail: okishev59@mail.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=687885

Progress trajectories and its using in the analysis of the educational process

Abstract. The purpose of this article is to demonstrate the possibilities of using progress trajectories as graphs in the analysis of phenomena associated with the educational process at a university. The results obtained by the author are in the nature of plausible working hypotheses and have not been rigorously proven. The trajectories of progress of educational streams, groups and individual students are considered. The necessity of considering not only averaged, but, first of all, individual progress trajectories is substantiated. The author illustrates the work of the university as a negative filter-transformer that reduces student performance from enrollment to enrollment. A significant influence of the current motivation of the student group on the results of the control work was found. The oscillatory motivational process sometimes has a greater impact on the performance of the group than the complexity and nature of the tasks of the control work. The individual progress trajectories of most students are characterized by sharp chaotic fluctuations. It is the unevenness of educational efforts that, in the author's opinion, is the main reason for the final failure of students in the session. According to the nature of progress dynamics, the author proposes a new classification of types of students, illustrated by specific examples. At the beginning of the article, a brief critical analysis of important modern trends in educational assessment is given. The author proposes a new formula for calculating the final grade of a student, taking into account both the average integral rating and the unevenness of the student's studies. The analysis of the dependences obtained was carried out at the limiting values of the key parameter that regulates the contribution of oscillatory processes to the assessment of academic performance. The author proposes to use the adjusted ratings to encourage students to stable, uniform classes at an individual level accessible to each of them. From an ideological point of view, one should move from the analysis of the sections of the random process of academic performance to the analysis of the properties of the trajectories of this random process as curves, as graphs. This will make it possible to move on to the study of real phenomena in the educational process without replacing such study with dubious performance statistics.

Keywords: grade; rating; random process; discrete time; progress trajectory; exploration; student; group; stream; mathematics; control work; control week; motivation; unevenness; stimulation