

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЕМ

УДК 378.14

М. Ю. Мамонтова

СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ: ОГРАНИЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В статье рассматриваются возможности и ограничения использования ряда статистических методов для изучения влияния различных факторов на качество результатов обучения. Показана перспективность применения однофакторной стохастической модели управления для определения типа управляющего воздействия и его эффективности.

Ключевые слова: качество результата обучения, стохастическая модель управления, эффективность управляющего фактора, тип управляющего фактора.

The article covers the capabilities and limitations for application of some statistical methods used for study of different influences on quality of training results. It demonstrates application perspectiveness for the unifactor stochastic management model employed to define a type and efficiency of the controlling factor.

Key words: quality of training results, unifactor stochastic management model, efficiency of the controlling factor, type of the controlling factor.

Изучение закономерностей, на основе которых может быть построено целесообразное управление учебным процессом, относится к одной из ключевых проблем педагогики. Выбор методов и средств решения этой проблемы определяется, с одной стороны, потребностями управленческой практики, а с другой – готовностью науки рассматривать поставленные практикой задачи. Вопросы обеспечения системы управления необходимой информацией и ее рационального использования приобретают особую актуальность в условиях стандартизации образования и развития национальной системы оценки качества, внедрения в широкую педагогическую практику массовых обследований (единый государственный экзамен, федеральный интернет-экзамен в сфере профессионального образования, мониторинг качества образования на региональном и муниципальном уровнях системы образования).

Успешность решения проблемы оценки и повышения эффективности управления учебным процессом, его оптимизации в педагогической науке и практике связана, прежде всего, с решением таких задач, как повышение объективности оценивания результатов обучения, построение моделей управления, адекватно описывающих реальный учебный процесс, информационное обеспечение принятия решений на разных уровнях управления этим процессом.

Повышению уровня научно-педагогического анализа результатов массовых обследований и обоснованности принимаемых в соответствии с ними решений способствует обращение к междисциплинарному подходу, сочетающему использование

- методов педагогического тестирования и квалитметрии как более объективных по сравнению с традиционными методами измерения и оценки результатов обучения;
- математико-статистических и теоретико-информационных методов моделирования процессов управления, рассматривающих учебный процесс как стохастический;
- методов теории принятия решений (решение многокритериальных задач), информационных и компьютерных технологий для обработки больших массивов данных.

Возможности совместного использования критериально-ориентированных тестов как средства измерения качества наблюдаемых результатов обучения и квалитметрических методов оценки качества и уровней качества результатов обучения рассматривались автором в статье «Качество учебных достижений: оценка и прогноз на основе результатов критериально-ориентированного тестирования» [3]. Выбор методов принятия решений для корректировки учебного процесса на основе результатов массового обследования определяется, с одной стороны, уровнем управления этим процессом (субъектом управления – учителем, администрацией образовательного учреждения, муниципальным органом управления образованием и т. д.), а с другой – особенностями влияния различных факторов и их сочетаний на результаты обучения на каждом уровне. Очевидно, что для решения этой задачи необходимо изучить воздействие отдельных факторов и выделить характерные для разных уровней управления эффективные управляющие факторы.

В предлагаемой статье рассматриваются возможности и ограничения использования однофакторной стохастической модели управления для изучения влияния отдельных факторов на качество учебных достижений. Обоснование выбора методов принятия решений выходит за рамки данной работы.

Одним из основополагающих принципов теории качества является принцип отражения качества процесса в качестве результатов «на выходе» этого процесса. Интегральное качество процесса переходит в интегральное качество «продукта» этого процесса [4, с. 177]. На качество результатов обучения одновременно влияет множество факторов. Статистические методы изучения этого влияния в разные годы использовались многими исследователями (Ю. К. Бабанский, Б. Битинас, В. М. Блинов, Г. В. Воробьев, Н. К. Гладышева, М. И. Грабарь, Л. Б. Ительсон, К. А. Краснянская, Е. К. Марченко, В. П. Мизинцев, И. И. Нурминский, В. П. Огорелков, М. М. Поташник, В. Г. Разумовский, Г. А. Сатаров, В. И. Травинский, А. С. Шепетов, Н. М. Розенберг и др.). С помощью метода регрессионного анализа решается задача поиска математической функции, выражающей зависимость результата многофакторного процесса от всех влияющих на этот результат факторов. Корреляционный анализ дает возможность установить статистически значимые связи между значениями результирующих и управляющих факторов. Дисперсионный анализ позволяет выявить изменчивость состояния объекта управления под воздействием одного или нескольких контролируемых факторов.

Вместе с тем возможности применения многомерных статистических методов ограничены следующими обязательными условиями:

- распределение выходного параметра (результат обучения, представленный распределением индивидуальных баллов) должно подчиняться закону нормального распределения, результаты же многих эмпирических исследований и массовых обследований (в том числе и единого государственного экзамена) не согласуются с нормальным распределением;

- должны быть известны и измеряемы все факторы, заметно влияющие на результат, но «...значительная часть причин, оказывающих влияние на конечные результаты обучения, не поддается эффективному контролю или даже остается неизвестной» [1, с. 87];

- не должно быть скрытых факторов, к которым большинство исследователей относят так называемые «учительские» и «ученические» факторы. Однако очевидно, что при прочих равных условиях именно эти факторы определяют качество результатов обучения. В простых однофакторных экспериментах исследуется влияние только одного фактора, в то время как другие факторы считаются постоянными или находятся под контролем исследователя. Однофакторные эксперименты предполагают создание искусственных ситуаций, в которых можно независимо стабилизировать все факторы, влияющие на изучаемый процесс. Зачастую сделать это практически невозможно. Между отдельными исследуемыми факторами и конечным результатом предполагается существование фун-

кциональной зависимости, причем эта зависимость должна быть линейной. Характер влияния отдельно взятых факторов на конечный результат считается предсказуемым. Между тем совокупное влияние множества факторов приводит в действие нелинейные механизмы (например, взаимное усиление и ослабление действия факторов, как благоприятное, так и неблагоприятное), вызывающие неопределенность, непредсказуемость поведения объекта управления [8, с. 175]. Перечисленные ограничения могут быть частично сняты при использовании методов теории информации.

А. С. Шепетовым отмечено, что «...в педагогике не существует правил, методов, законов, соблюдение которых гарантирует достижение желаемых целей обучения, и только обратная связь с объектом обучения (управления) доставляет информацию о достигнутых результатах. Сбор и обработка массовой информации о состоянии объекта управления должны стать необходимой составной частью систем управления народным образованием» [6, с. 4]. Необходимость оценки состояния исследуемого объекта или объекта управления на основании как можно более полной и объективной информации привела к расширению использования результатов не отдельных измерений, а больших потоков измерительной информации. Изучение качества результатов обучения разделилось на два направления: получение интегрированных характеристик результатов обучения, определяющих эффективность систем обучения (итоговая аттестация), и получение информации для корректировки учебного процесса (промежуточная аттестация, мониторинг). Решение этих задач связано не только с фиксированием и оценкой результатов обучения, но и с выявлением факторов, влияющих на его качество.

Результат обучения рассматривается с разных точек зрения – философской (как совокупность сущностных характеристик объекта), аксиологической (выделение определенных совокупностей знаний как полезных, ценных, значимых), квалитетической (совокупность свойств, представленная в виде иерархии, каждый уровень которой соотносится с определенным уровнем качества результата обучения). В ходе критериально-ориентированного тестирования проверяется готовность учащихся осуществлять зафиксированные в государственном образовательном стандарте и программе обучения дисциплине виды деятельности – готовность решать определенные задачи. Индивидуальный результат обучения характеризуется определенным уровнем качества, а совокупный результат – распределением индивидуальных результатов по уровням качества.

В последние годы для решения задач управления все чаще используются методы и модели теории информации и квазиэкспериментальные планы изучения качества учебного процесса и его результатов. Влияние

факторов изучается на основе результатов массовых обследований. Зависимость, информация и управление рассматриваются как рядоположенные явления. Управление невозможно без знания зависимости между состояниями объекта управления и параметрами (факторами), которые рассматриваются как рычаги управления. «Управление – понятие производное (вторичное) от зависимости. Это определенная форма исследования и интерпретации зависимости. Дополнительной целью управления является создание систем с заданными характеристиками зависимости» [5, с. 152]. Управление рассматривается как совокупность отношений между двумя множествами – множеством X , элементы которого интерпретируются как состояния объекта управления, и множеством Y , элементы которого называют управляющими параметрами.

Учебный процесс рассматривается как стохастический. Показатели, характеризующие его состояние, принимают случайные значения. Реальная система управления учебным процессом (управления качеством обучения) характеризуется существенной составляющей статистической природы в поведении (состояниях) объекта управления. В этом случае множество состояний объекта может быть представлено вероятностным пространством – распределением состояний. Такую же структуру имеет и множество управляющих параметров Y . В этом случае характеристики управления объектом X в пределах заданного Y могут быть выражены характеристиками статистических зависимостей между X и Y .

Природа рассматриваемого нами объекта управления такова, что идентификация состояний объекта возможна только с точностью до вероятностного значения (известны вероятности определенных состояний объекта управления). В случае детерминированной схемы управления распределение вероятностей по состояниям вырождено, т. е. на каждом этапе управления возможно только одно состояние с вероятностью, равной 1. В детерминированных схемах управления вероятностная идентификация состояний объекта обусловлена недостатком имеющейся информации о факторах и их возможном влиянии на объект управления (невозможность учесть влияние ряда факторов, неизмеримость факторов и т. п.). Природа объекта считается таковой, что любое его состояние детерминировано однозначно, поскольку действие каждого фактора однозначно. Как решается вопрос о предсказании поведения объекта в случае детерминированного подхода? Найдя все зависимости, можно предсказывать поведение объекта. Поскольку все факторы учесть невозможно, то и состояние объекта определяется с определенной вероятностью. Неопределенность состояний объекта рассматривается как следствие недостаточной информации о большинстве факторов и их возможном влиянии на объект.

Объектом управления выступает результат обучения. В нашем случае объект управления представляется в виде распределения учащихся по уровням усвоения содержания учебной дисциплины, полученного в ходе анализа результатов критериально-ориентированного тестирования. Все учащиеся распределены по трем группам усвоения содержания учебного материала – с уровнем ниже достаточного, достаточным уровнем и выше достаточного. Определяются доли учащихся в каждой группе. Объект управления X задается множеством возможных состояний x_i , $i = 1, \dots, n$. В нашем исследовании $n = 3$ – по числу уровней качества результата обучения. Управление заключается в переводе объекта из одного состояния в другое (выражается в изменении долей учащихся с разным уровнем усвоения дисциплины: желательным является увеличение числа учащихся с достаточным уровнем и уровнем выше достаточного и уменьшение неаттестованных учащихся).

Поскольку совокупный результат обучения имеет стохастическую природу, то неопределенность его состояний обусловлена не отсутствием информации об управляющих факторах (они рассматриваются как случайные), а природой самого объекта. Состояние объекта в этом случае представляется не единственным значением параметра, а рядом распределения вероятностей на некоторой фиксированной совокупности возможных значений x_i . Воздействие управляющего фактора (одного и более) может приводить к изменению этого ряда, а именно к изменению его структуры – вероятностей появления разных значений x_i . Управляющие факторы также имеют стохастическую природу и могут быть представлены рядом распределения вероятностей. Модели управления такими объектами разрабатываются в теории информации.

Для изучения влияния различных факторов на качество результатов обучения может быть использована схема стохастического управления, позволяющая выделить структурированную и стохастическую составляющие в соотношениях между статистически зависимыми характеристиками объекта управления и управляющего фактора. Для определения степени стохастичности (неопределенности) состояния объекта управления при определенном управляющем воздействии используются энтропийные меры. Стохастичность выражает непредсказуемость поведения объекта, случайность в его структуре. В противоположность стохастичности вводится понятие структурированности объекта управления [5, с. 156]. Структурированность предполагает причинно-следственную обусловленность поведения объекта и его структуры.

Различные соотношения между структурированной и стохастической составляющими соответствуют различным типам управления и позволяют определить степень управляемости объекта X управляющим фактором Y , коэффициент использования потенциала управляющего фактора, достаточность управляющего фактора для изменения поведения управляемого объекта, эффективность управляющего фактора.

Описание стохастических моделей управления можно найти во многих монографиях [2, 5, 8]. Мы ограничимся кратким описанием однофакторной модели управления [5, с. 153], необходимым для понимания результатов расчетов и их интерпретации, а также приведем пример использования модели для изучения влияния отдельных факторов и их совокупностей на качество результатов обучения.

Объект управления – результат обучения, представленный в виде распределения долей учащихся с разным уровнем усвоения учебного материала. Пусть X – множество фиксированных значений x_i , $i = 1, \dots, n$. Обозначим распределение вероятностей этих значений через $P(X) = \{p(x_i), i = 1, \dots, n\}$. Совокупность распределений на X обозначим как $P(X)$. $P_j(X) \{P_j(X), j = 1, \dots, m\}$. Распределения $P_j(X)$ – состояния объекта управления, соответствующие разным градациям управляющего фактора (управляющим воздействиям). Число градаций (управляющих воздействий) равно m . Приведем примеры факторов, которые можно рассматривать как управляющие и оказывающие влияние на качество результатов обучения. Фактор «вид общеобразовательного учреждения» имеет несколько градаций (управляющих воздействий) – массовая общеобразовательная школа, гимназия, лицей, школа с углубленным изучением отдельных предметов; фактор «учебник» имеет число градаций, равное числу учебников, допущенных МО РФ для использования при изучении конкретной дисциплины; гендерный фактор – две градации (мальчики и девочки); система обучения в начальной школе – три градации (система Эльконина – Давыдова, система Занкова, традиционная система) и т. п.

Пару $(X, P(X))$ называют стохастическим объектом. Распределения $P_j(X)$ рассматривают как состояния объекта управления, соответствующие различным управляющим параметрам (воздействиям). Каждое распределение соответствует определенному условию, при котором проявляется определенное качество результата обучения, отраженное в конкретном распределении.

Пусть Y – управляющий фактор, а y_j – различные воздействия управляющего фактора ($j = 1, 2, \dots, m$) или условия, при которых объект переходит в состояние $P_j(X)$, $P_j(X) = P_{yj}(X)$. На множестве значений управляющего фактора задается весовая функция $q(y_j)$. В качестве веса опреде-

ленного воздействия может быть использована вероятность появления значения y_j . Например, при выявлении влияния вида образовательного учреждения на качество результата обучения может быть применено распределение учащихся исследуемой совокупности по образовательным учреждениям различных видов. В этом случае в качестве весов различных градаций (воздействий) будут приняты доли учащихся, обучающихся в учреждениях определенных видов. Весовая функция должна удовлетво-

рять условиям $q(y_j) \geq 0$ и $\sum_{j=1}^m q(y_j) = 1$. Воздействия y_j рассматриваются

в представленной теоретико-вероятностной модели как события. Результатом события y_j является состояние объекта, описываемое условным распределением

$$p_{y_j}(x_i) = p(x_i y_j) / q(y_j) = p(x_i / y_j), \quad (1)$$

где $p(x_i y_j)$ – совместная вероятность событий x_i и y_j .

Фактор Y с заданным на его значениях распределением вероятностей $q(Y) = \{q(y_j), j = \overline{1, m}\}$ называется стохастическим управляющим фактором и обозначается $(Y, q(Y))$. Совокупность объекта управления $(X, P(X))$ и управляемого фактора $(Y, q(Y))$ называется стохастической схемой управления и обозначается $((X, P(X)), (Y, q(Y)))$ [5, с. 155].

Для выявления статистических соотношений между объектом управления и управляющим фактором предполагается, что существует состояние объекта, определяемое распределением $\{p(x_i)\}$, совпадающее с усреднением условных распределений

$$p(x_i) = \sum_{j=1}^m p(x_i / y_j) q(y_j). \quad (2)$$

Состояние $\{p(x_i)\}$ рассматривается как состояние объекта в отсутствие управляющего воздействия. Управляющее воздействие проявляется в переходе объекта управления из состояния $\{p(x_i)\}$ в состояние $\{p(x_i / y_j)\}$.

Мера стохастичности (неопределенности) состояния объекта управления определяется как энтропия распределения $\{p(x_i / y_j)\}$:

$$H_{y_j}(X) = \sum_{j=1}^m p(x_i / y_j) \lg p(x_i / y_j). \quad (3)$$

Энтропия максимальна и равна $(\lg n)$ в случае равномерного распределения $\{p(x_i / y_j)\}$, т. е. $p(x_i / y_j) = 1/n$. Величина $\tilde{H}_{y_j}(X) = H_{y_j}(X) / \lg n$ называется относительной стохастичностью состояния объекта управления.

Информация об X , содержащаяся в Y , в теории информации рассчитывается как

$$I(XY) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p(x_i y_j) \lg(p(x_i y_j) / p(x_i) p(y_j)). \quad (4)$$

Величины, выражающие степень отличия распределений $\{p(x_i/y_j)\}$ и $\{p(x_i)\}$ и рассматриваемые как величины управляющего воздействия, соответствующие различным значениям y_j , вычисляются следующим образом

$$I_{y_j}(X) = \sum_{i=1}^n \frac{p(x_i y_j)}{q(y_j)} \lg \frac{p(x_i y_j)}{q(y_j)} - \sum_{i=1}^n \frac{p(x_i y_j)}{q(y_j)} \lg p(x_i). \quad (5)$$

Тогда усредненная степень управляющего воздействия Y на X определится как

$$I(XY) = \sum_{j=1}^m q(y_j) I_{y_j}(X). \quad (6)$$

Управляющее воздействие y_j переводит объект из состояния $\{p(x_i)\}$ в состояние $\{p(x_i/y_j)\}$, при этом $I_{y_j}(X) > 0$. Мера неопределенности усредненного состояния X определится формулой:

$$H(X) = \sum_{j=1}^n p(x_j) \lg p(x_j). \quad (7)$$

Для определения типа управляющего воздействия сравниваются значения $H(X)$ и $H_{y_j}(X)$. Различные типы управляющих воздействий и их характеристики приведены в табл. 1. Управляющее воздействие ν -типа относится к неэффективным, поскольку не приводит к изменению состояния объекта. Как правило, действие управляющих факторов приводит одновременно и к реорганизации структуры объекта, и к изменению степени структурированности (увеличивает или уменьшает неопределенность состояния). Следовательно, $I_{y_j}(X)$ можно представить как суперпозицию компонент, соответствующих двум тенденциям изменения состояния объекта.

Таблица 1

Типы управляющих воздействий

Тип управляющего воздействия	Соотношение $H(X)$ и $H_{y_j}(X)$	Значение $I_{y_j}(X)$	Результат воздействия на объект управления
1	2	3	4
α -тип	$H_{y_j}(X) < H(X)$	$I_{y_j}(X) \neq 0$	Увеличение структурированности состояния объекта управления

Окончание табл. 1

1	2	3	4
β-тип	$H_{Yj}(X) > H(X)$	$I_{Yj}(X) \neq 0$	Увеличение стохастичности состояния объекта управления
γ-тип	$H_{Yj}(X) = H(X)$	$I_{Yj}(X) \neq 0$	Реорганизация структурированности состояния объекта (одинаковые значения вероятностей соответствуют разным значениям X в распределениях $\{p(x_i)\}$ и $\{p(x_i/y_j)\}$)
ν-тип	$H_{Yj}(X) = H(X)$	$I_{Yj}(X) = 0$	Состояние объекта не изменяется

При необходимости результаты более детального анализа рассматриваемой модели можно найти в работе А. Ф. Фелингера «Статистические алгоритмы в социологических исследованиях» [5, с. 157].

Для оценки степени управляемости объекта X управляющим фактором Y , степени использования потенциала управляющего фактора, достаточности управляющего фактора для изменения поведения управляемого объекта и эффективности управляющего воздействия вводится ряд величин:

- мера разнообразия управления:

$$H(Y) = \sum_{j=1}^m q(y_j) \lg q(y_j); \quad (8)$$

- усредненная неопределенность состояний объекта под управлением Y :

$$H(Y) = - \sum_{j=1}^m q(y_j) H_{Yj}(X); \quad (9)$$

- усредненное управляющее воздействие Y на X :

$$I(YX) = H(X) - H_Y(X). \quad (10)$$

Величина $I(YX)$ в рамках модели представляет количество разнообразия, ограничиваемого управлением.

Заслуживают внимания следующие отношения: $R_Y(X) = I(XY)/H(X)$ – коэффициент управляемости объекта X фактором Y ; $R_X(Y) = I(YX)/H(Y)$ – коэффициент используемого потенциала управляющего фактора Y при управлении объектом X . Характер управляющего фактора Y определяется видом отношения между $H(Y)$ и $H(X)$: если $H(Y) > H(X)$, действие управляющего фактора избыточно; если $H(Y) < H(X)$, действие управляющего фактора недостаточно для изменения состояния объекта; если $R_X(Y) = 1$, действие управляющего фактора считается эффективным.

Продemonстрируем использование представленной модели для изучения влияния ряда учительских факторов на качество подготовки учащихся начальных классов по математике. В пилотном исследовании приняли участие 448 учащихся 1-х классов образовательных учреждений г. Екатеринбурга и их учителя (21 человек). Исследовалось влияние на качество результатов обучения нескольких факторов – педагогического стажа, возраста, уровня образования, квалификационной категории.

В табл. 2 представлена стохастическая модель управления для фактора «педагогический стаж» и характеристики различных управляющих воздействий для этого фактора. Для других факторов были построены аналогичные модели. В таблицах 3–5 в связи с ограниченным объемом статьи, но без ущерба для содержания, приведены сокращенные данные, отражающие только энтропийно-информационные характеристики управляющих воздействий. В табл. 6 содержатся обобщенные характеристики факторов. Зависимость между результативным и факторным показателями определялась с помощью коэффициента взаимной сопряженности Чупрова – Пирсона.

Действие управляющего фактора выражается в уменьшении или увеличении разнообразия в поведении объекта управления. В нашем случае это должно проявиться в структуре результирующего показателя: управление тем эффективнее, чем меньше доли учащихся с уровнями качества «ниже достаточного» и «достаточного» и выше доля учащихся с уровнем «выше достаточного», что соответствует увеличению однородности совокупности учащихся по качеству результата обучения. Отчетливее всего тенденцию изменения структуры результирующего показателя отражают тип управления и относительная степень неопределенности состояния объекта управления под управляющим воздействием.

Таблица 2

Характеристики управляющих воздействий для фактора «педагогический стаж»

Уровни качества результатов обучения, x_i		Педагогический стаж, лет				Всего по $\frac{x_i}{p(x_i)}$
		y_1 от 0 до 10	y_2 от 10 до 20	y_3 от 20 до 30	y_4 более 30	
1		2	3	4	5	6
ниже достаточного, x_1	Количество учащихся	20	9	34	1	64
	$p(x_1/y_j)$	0,232	0,063	0,224	0,015	0,143
достаточный, x_2	Количество учащихся	38	77	78	30	223
	$p(x_2/y_j)$	0,442	0,538	0,513	0,448	0,498

Окончание табл. 2

	1	2	3	4	5	6
выше достаточного, x_3	Количество учащихся	28	57	40	36	161
	$p(x_3/y_j)$	0,326	0,399	0,263	0,537	0,359
Всего по y_j		86	143	152	67	448
$q(y_j)$		0,192	0,319	0,339	0,15	1,00
$H_{yj}(X)$		0,463	0,380	0,447	0,329	–
$\hat{H}_{yj}(X) = H_{yj}(X)/\lg 3$		0,97	0,80	0,94	0,69	–
$I_{yj}(X)$		0,01	0,01	0,01	0,06	–
Тип управляющего воздействия		β	α	β	α	–

Таблица 3

Характеристики управляющих воздействий
для фактора «возраст учителя»

Характеристики управляющих воздействий	Возраст учителя, лет			
	y_1 от 20 до 30	y_2 от 30 до 40	y_3 от 40 до 55	y_4 более 55
$H_{yj}(X)$	0,425	0,436	0,441	0,329
$\hat{H}_{yj}(X) = H_{yj}(X)/\lg 3$	0,89	0,91	0,92	0,69
$I_{yj}(X)$	0,003	0,003	0,004	0,06
Тип управляющего воздействия	α	β	β	α

Для таких связанных между собой факторов, как педагогический стаж и возраст учителя, мера разнообразия управления превосходит меру разнообразия объекта управления, эти факторы характеризуются как избыточные. Для факторов «категория» и «образование», напротив, мера разнообразия ниже, чем у объекта управления, и они характеризуются как недостаточные для управления. Наблюдаемый результат объясняется, по-видимому, тем, что учителя с большим педагогическим стажем и возрастом отличаются более высоким уровнем профессионализма и большим жизненным опытом. Вывод, казалось бы, тривиален. Вместе с тем квалификационная категория определяется экспертами и выполняет зачастую функцию «социальной защиты», влияя, скорее, на уровень оплаты труда, чем на результаты труда учителя. Видно, что все рассмотренные в отдельности факторы оказывают слабое управляющее воздействие на результат. Также необходимо отметить слабую управляемость объекта под влиянием отдельных факторов и низкую степень использования их управляющего потенциала.

Таблица 4

Характеристики управляющих воздействий для фактора «образование учителя»

Характеристики управляющих воздействий	Образование учителя		
	y_1	y_2	y_3
	Высшее педагогическое	Высшее непедагогическое	Среднее специальное педагогическое
$H_{ij}(X)$	0,405	0,438	0,444
$\hat{H}_{ij}(X) = H_{ij}(X)/\lg 3$	0,85	0,92	0,93
$I_{ij}(X)$	0,007	0,04	0,03
Тип управляющего воздействия	α	β	β

Таблица 5

Характеристики управляющих воздействий для фактора «квалификационная категория учителя»

Характеристики управляющих воздействий	Квалификационная категория учителя		
	y_1	y_2	y_3
	вторая	первая	высшая
$H_{ij}(X)$	0,417	0,429	0,406
$\hat{H}_{ij}(X) = H_{ij}(X)/\lg 3$	0,87	0,90	0,85
$I_{ij}(X)$	0,026	0,0007	0,026
Тип управляющего воздействия	α	γ	α

Таблица 6

Характеристики управляющих факторов

Управляющий фактор	Характеристики управляющего фактора						
	$H(X)$	$H(Y)$	$H_Y(X)$	$I(XY)$	$I(YX)$	$R_Y(X)$	$R_X(Y)$
Педагогический стаж	0,431	0,578	0,411	0,01	0,01	0,02	0,02
Возраст учителя	0,431	0,558	0,419	0,01	0,01	0,02	0,02
Уровень образования учителя	0,431	0,342	0,415	0,02	0,02	0,05	0,06
Квалификационная категория учителя	0,431	0,348	0,423	0,01	0,01	0,02	0,03

Особенность «учительских» факторов заключается в их совокупном одновременном действии на протяжении определенного периода обучения. Характеристики каждого фактора, безусловно, необходимо знать, однако большую ценность представляет результат совокупного действия факторов. Действуя в совокупности в реальном учебном процессе, факторы могут усиливать или ослаблять действие друг друга как в благоприятном, так и неблагоприятном направлении. Интерес представляет обнаружение сочетаний управляющих воздействий, благоприятных и неблагоприятных с точки зрения воздействия на результат.

Для выявления таких сочетаний для каждого учителя были определены характеристики управляющих факторов и построены «управляющие профили». В зависимости от сочетаний управляющих воздействий были выделены профили, соответствующие наиболее эффективному управлению, неэффективному управлению, управлению компенсирующего типа. При наиболее эффективном управлении благоприятное действие на результат одних факторов усиливается благоприятным действием других (механизм благоприятного усиления), при неэффективном управлении негативное действие одних факторов усиливается негативным действием других (механизм неблагоприятного усиления), при компенсирующем управлении положительное действие одних факторов подавляется отрицательным действием других (механизм ослабления, или компенсации). В соответствии с профилями были выделены три группы учителей: с наиболее благоприятным сочетанием управляющих воздействий (6% учителей, у которых обучаются 7% обследованных учащихся) – педагогический стаж более 30 лет, возраст старше 55 лет, высшая и первая категории, высшее образование; с самым неблагоприятным сочетанием управляющих воздействий (34% учителей, у которых обучаются 10% учащихся) – педагогический стаж до 10 лет и от 20 до 30 лет, возраст от 30 до 55 лет, вторая категория, образование высшее непедagogическое или среднее педагогическое; с компенсированным действием факторов (около 60% учителей, у которых обучаются 83% учащихся) – в основном учителя со стажем от 20 до 30 лет, в возрасте от 30 до 55 лет, имеющие первую категорию и высшее образование.

Качество результатов обучения школьников, учащихся у учителей разных групп, существенно отличается. Убедиться в этом можно, сравнив распределения учащихся по уровням качества. При благоприятном сочетании управляющих воздействий учащиеся распределились на две группы – 26% с достаточным уровнем и 74% с уровнем выше достаточного; при самом неблагоприятном сочетании на три группы – 50% с уровнем ниже достаточного, 46% с достаточным уровнем и только 4% с уровнем

выше достаточного; при компенсированном воздействии – 6% учащихся с уровнем «ниже достаточного», 56% – с достаточным уровнем и 38% – с уровнем выше достаточного.

Проведенное пилотное исследование показало целесообразность изучения влияния различных факторов на качество результатов обучения на основе теоретико-информационных представлений, а также перспективность использования однофакторной модели управления для выявления характера этого влияния. На основе полученных данных для каждого учителя могут быть построены управляющие профили и определена эффективность действия совокупности факторов. Очевидно, что профиль может включать и другие факторы. Знание особенностей «управляющего профиля» учителя может оказаться полезным при прогнозировании качества результатов обучения, выборе вариантов повышения квалификации, аттестации учителей.

Литература

1. Воробьев Г. В. Некоторые статистические показатели успеваемости // Новые исследования в педагогике. 1970. № 2. С. 85–92.
2. Кульбак С. Теория информации и статистика: пер. с англ. М.: Наука, 1967. 408 с.
3. Мамонтова М. Ю. Качество учебных достижений: оценка и прогноз на основе результатов критериально-ориентированного тестирования // Образование и наука. Изв. УрО РАО. 2009. № 3 (60). С. 18–27.
4. Субетто А. И. Квалитология образования. СПб.; М.: Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 2000. 220 с.
5. Фелингер А. Ф. Статистические алгоритмы в социологических исследованиях. Новосибирск: Наука, 1985. 207 с.
6. Шепетов А. С. Повышение информативности массовых обследований знаний и умений учащихся по математике (с применением ЭВМ): дис. ... канд. пед. наук. М., 1980. 262 с.
7. Янсен Ф. Эпоха инноваций: пер. с англ. М.: ИНФРА-М, 2002. 308 с.
8. Ясин Е. Г. Теория информации и экономические исследования. М.: Статистика, 1979. 112 с.