# Введение. Что такое компьютационная педагогика

Компьютационная педагогика есть педагогика *вычислительная*. Ее можно рассматривать в двух аспектах – как *науку* и как *учебную дисциплину*.

Компьютационная педагогика как наука выявляет педагогические проблемы, поддающиеся (хотя бы в грубом приближении) *математическому* изучению. При этом *реальные* педагогические объекты и отношения между ними заменяются соответствующими им *математическими моделями*. Эти модели исследуются математическими методами, приводящими к конкретным математическим результатам, которым дается затем *педагогическая интерпретация*.

Компьютационная педагогика как наука *в математическом аспекте* ограничивается лишь *постановкой* математических задач и *интерпретацией* их решений. Но компьютационная педагогика *как учебная дисциплина* предлагает изучающему ее человеку еще и освоение *математических методов*, с помощью которых эти решения получаются.

Прилагательное «компьютационная» созвучно с существительным «компьютер» и прилагательным «компьютерная». Может сложиться впечатление, будто компьютационная педагогика относится к области знаний, возникшей на стыке педагогики с информатикой и называемой иногда *педагогической информатикой*. Впечатление это – ложное. «Компьютационная» означает «вычислительная». Компьютеры здесь рассматриваются и используются постольку, поскольку они суть мощные вычислительные устройства. Задачи компьютационной педагогики (в принципе) могут решаться и «вручную», без использования вычислительных машин. Компьютеры в контексте компьютационной педагогики выступают не как *педагогическое*, а как *вычислительное* средство.

Математические методы являются составляют базис инструментария систематизации и обобщения эмпирических данных практически во всех областях научного знания. Наиболее широкое применение они получили в *естественных* науках, где имеется острая необходимость анализа очень больших массивов эмпирических данных. В сочетании с эмпирическими методами математические методы позволяют выявлять объективные закономерности при проверке различных научных гипотез.

В *гуманитарных* науках, таких как педагогика, математические (прежде всего – математико-*статистические*) методы прочно утвердились тогда, когда эти науки стали активно использовать эксперимент в качестве метода научного познания, ведь в эксперименте измерение и последующий анализ числовых характеристик различных параметров, факторов, признаков играет важную роль.

Однако, нельзя не отметить: математизация педагогической науки – явление *неоднозначное*. Педагог, некритически приняв утверждение о том, что *в каждой науке столько науки, сколько в ней математики*, может пытаться формализовать буквально все элементы педагогического процесса. В. И. Загвязинский и Р. Атаханов[1] рассказывают, как разрабатывались (а иногда и сейчас разрабатываются) методики оценки эффективности обучающих воздействий педагога на основе подсчета количества используемых технических средств обучения, плакатов, раздаточных материалов, учета числа обучающихся, отвечающих у доски, общего числа правильных ответов обучающихся,

[1] Загвязинский В. И, Атаханов Р. Методология и методы психолого-педагогического исследования: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 208 с. – С. 118-119.

количества выполненных упражнений, решенных задач и так далее. И в зависимости от общего числа набранных баллов формируется оценка качества обучающей деятельности педагога. Вовсе случайно такие механистические процедуры оценки качества деятельности педагогов большинством из них не принимаются в качестве рабочих средств анализа и самоанализа, поскольку развивающий эффект педагогических воздействий связан прежде всего с внутренними процессами в сознании обучающихся, а их эффективность невозможно оценить через одни только внешние формы учебной деятельности. Кроме того, эффективность названных процессов далеко не всегда коррелирует с интенсивностью и формами внешних педагогических воздействий.

В то же время, неверно думать, что математизация педагогики вообще невозможна или возможна только в контексте применения математико-статистических методов, с помощью которых определяется глубина и степень обоснованности интерпретаций, предлагаемых на основе эмпирических (экспериментальных) данных. Как отмечают М. Г. Коляда и Т. И. Бугаева[2], ограничение математического инструментария педагогики только лишь методами статистической обработки экспериментальных данных существенно понижает его ценность. Математическая наука может немало предложить педагогам в аспекте анализа данных, их интерпретации, интерполяции и экстраполяции, в плане методов прогнозирования. Методы теории игр, математического программирования, модель межотраслевого балланса, многие другие методы, заимствованные из такой отрасли математического анализа, как исследование операций, методы, заимствованные из других отраслей математики могут использоваться при теоретическом обосновании принимаемых педагогических решений, при моделировании и проектировании разнообразных педагогических систем.

В этой книге читателю предлагаются к освоению следующие темы: принятие оптимальных педагогических решений, выбор оптимальных педагогических стратегий с использованием моделей теории игр, оптимизация распределений педагогических ресурсов с использованием моделей транспортных задач, педагогическое планирование с использованием модели межотраслевого балланса, педагогическое прогнозирование и восстановление педагогических данных путем экстраполяции и интерполяции.

[2]Коляда М. Г., Бугаева Т. И. Вычислительная педагогика: монография. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2018. – 271 с. – С. 6-7.

# ГЛАВА 1

# ПРИНЯТИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Согласно весьма удачной формулировке Ю. К. Бабанского[3], термин «оптимальный» означает «наилучший для данных условий с точки зрения определенных критериев». *Критерии оптимальности* педагогических решений могут быть разными: эффективность комплекса создаваемых педагогических условий, наименьший уровень педагогического риска, наименьшее время достижения педагогических целей и другие. Под *оптимальным педагогическим решением* можно понимать обоснованный выбор педагогом наилучшего варианта построения педагогического процесса, обеспечивающего в рамках имеющихся возможностей достижение *целевой функцией*, отображающей сущность принятого критерия оптимальности, соответствующего этой сущности экстремального (максимального или минимального) значения.

«Оптимальный» не значит «идеальный». Говоря об оптимальности, следует помнить, что речь идет не о наилучших результатах вообще, а о *наилучших в данных конкретных условиях.* Оптимальное для одних условий может быть неоптимальным для других.

## §1. Задача о максимизации педагогического эффекта

**Содержательно-педагогическая формулировка задачи о максимизации педагогического эффекта.** Пусть педагог стремится обосновать принимаемое им решение об оптимальном соотношении педагогических условий $C_1, C_2, \ldots, C_n$ ($n$ – натуральное число, большее единицы), создаваемых для обучающихся (воспитуемых) с целью достижения максимально возможного общего педагогического эффекта $F$ в некотором педагогическом процессе или явлении. В распоряжении участников педагогического процесса имеются педагогические ресурсы $R_1, R_2, \ldots, R_m$ ($m$ – натуральное число, вовсе не обязательно равное $n$; $m$, в отличие от $n$, может быть равно и единице). Запасы этих ресурсов равны соответственно $b_1, b_2, \ldots, b_n$.

Ресурсоемкости педагогических условий оцениваются измеренными в некоторых реальных или условных единицах величинами $a_{ij}$ ($i = 1, \ldots, m$; $j = 1, \ldots, n$). Например, $a_{12}$ – это ресурсоемкость 2-го педагогического условия по отношению к расходованию 1-го педагогического ресурса (количество единиц 1-го педагогического ресурса, необходимое для создания одной единицы 2-го педагогического условия). Вообще, $a_{ij}$ – это ресурсоемкость $j$-го педагогического условия по отношению к расходованию $i$-го педагогического ресурса (количество единиц $i$-го педагогического ресурса, необходимое для создания одной единицы $j$-го педагогического условия).

Педагогические условия по отношению к целевому педагогическому эффекту характеризуются величинами $c_j$ ($j = 1, \ldots, n$) – эффективностями педагогических условий. Например, $c_3$ – это эффективность 3-го педагогического условия (количество единиц целевого педагогического эффекта $F$, получаемых в результате создания одной единицы педагогического условия $C_3$). Вообще, $c_j$ есть число единиц целевого педагогического эффекта $F$, получаемых в результате создания одной единицы педагогического условия $C_j$.

[3]Бабанский Ю. К. Оптимизация процесса обучения (Общедидактический аспект). – М.: «Педагогика», 1977. – 256 с. – С. 5-6.

Данные задачи можно компактно представить следующей сводной таблицей:

| Педагогические ресурсы | Ресурсоемкости педагогических условий | | | | Запасы педагогических ресурсов |
|---|---|---|---|---|---|
| | $C_1$ | $C_2$ | $\ldots$ | $C_n$ | |
| $R_1$ | $a_{11}$ | $a_{12}$ | $\ldots$ | $a_{1n}$ | $b_1$ |
| $R_2$ | $a_{21}$ | $a_{22}$ | $\ldots$ | $a_{2n}$ | $b_2$ |
| $\ldots$ | $\ldots$ | $\ldots$ | $\ldots$ | $\ldots$ | $\ldots$ |
| $R_m$ | $a_{m1}$ | $a_{m2}$ | $\ldots$ | $a_{mn}$ | $b_m$ |
| Эффективности пед. условий | $c_1$ | $c_2$ | $\ldots$ | $c_n$ | |

Задача состоит в том, чтобы из всех возможных наборов количеств сочетаемых педагогических условий $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, допустимых с точки зрения условия задачи, выбрать тот оптимальный набор $(x_1^*, x_2^*, \ldots, x_n^*)$, который обеспечивает получение в исследуемом педагогическом процессе или явлении наибольшего возможного значения целевого педагогического эффекта $F$. Компоненты оптимального набора должны быть затем приведены к их долям в общем сочетании $(p_1^*, p_2^*, \ldots, p_n^*)$, чтобы выявить искомое оптимальное соотношение педагогических условий:

$$p_1^* = \frac{x_1^*}{x_1^* + x_2^* + \ldots + x_n^*}\ ,$$

$$p_2^* = \frac{x_2^*}{x_1^* + x_2^* + \ldots + x_n^*}\ ,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ ,$$

$$p_n^* = \frac{x_n^*}{x_1^* + x_2^* + \ldots + x_n^*}\ .$$

При этом, очевидно: $p_1^* + p_2^* + \ldots + p_n^* = 1$.

Сформулированная нами задача является обобщенной содержательной схемой, охватывающей широкий класс конкретных педагогических проблем. Будем далее называть ее *задачей о максимизации педагогического эффекта.* Впервые подобные задачи в математико-педагогическом аспекте стал рассматривать М. Г. Коляда[4], поэтому (не вполне формально, для краткости) будем наряду с введенным выше точным названием употреблять также его синоним – *задача Коляды на максимум.*

**Математическая модель задачи о максимизации педагогического эффекта.** Задача о максимизации педагогического эффекта (при принятии описываемых далее упрощающих предположений) может быть сведена к ее математической модели – *стандартной задаче линейного программирования на поиск максимума целевой функции.*

[4]Коляда М. Г. Комп'ютаційна педагогіка: навчальний посібник. – Донецьк: Вид-во «Ноулідж» (донецьке відділення), 2014. – 322 с. – С. 141-155.

Итак, пусть $x_1, x_2, \ldots, x_n$ – количества единиц педагогических условий соответственно $C_1, C_2, \ldots, C_n$, создаваемых с целью получения в некотором педагогическом явлении или процессе педагогического эффекта $F$. Поскольку каждая создаваемая единица педагогического условия $C_j$ $(j = 1, \ldots, n)$ дает $c_j$ единиц целевого педагогического эффекта, то $x_j$ созданных единиц этого педагогического условия дадут $c_j x_j$ единиц целевого педагогического эффекта, а общий эффект от всех создаваемых педагогических условий будет составлять $F = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n$ единиц.

Строго говоря, только что высказанное нами утверждение не всегда справедливо. Мы предположили, что исследуемый нами педагогический процесс или явление обладает свойством *аддитивности*, выражающимся следующими двумя положениями:

1. Если создание одной единицы некоторого педагогического условия приводит к получению $c$ единиц некоторого педагогического эффекта, то создание $x$ единиц того же педагогического условия должно привести к получению $cx$ единиц того же педагогического эффекта.
2. Если автономное создание $x_1$ единиц педагогического условия $C_1$ приводит к получению $F_1$ единиц целевого педагогического эффекта, а также автономное создание $x_2$ единиц педагогического условия $C_2$ приводит к получению $F_2$ единиц того же эффекта, то сочетание в комплексе $x_1$ единиц первого педагогического условия и $x_2$ единиц второго педагогического условия должно привести к появлению $F_1 + F_2$ единиц целевого педагогического эффекта.

Реальные педагогические явления и процессы могут обладать свойством аддитивности лишь приближенно (а могут и приближенно не обладать): проявляется их *синергизм*[5]. Поэтому, продолжая наше рассмотрение, отметим, что полученная нами далее математическая модель (стандартная задача *линейного* программирования) применима лишь для тех случаев, когда (хотя бы приближенно) можно считать свойство аддитивности имеющимся в наличии. Если же это не так, то получается *нелинейная* математическая модель. Оба класса моделей (и линейные, и нелинейные) рассматриваются разделом математики, называющимся *математическим программированием*[6].

Рассуждая далее, замечаем: поскольку создание одной единицы педагогического условия $C_j$ $(j = 1, \ldots, n)$ сопровождается расходованием $a_{ij}$ единиц педагогического ресурса $R_i$ $(i = 1, \ldots, m)$, то создание $x_j$ единиц этого педагогического условия приводит к расходованию $a_{ij}x_j$ единиц ресурса $R_i$, а создание всего комплекса изучаемых нами педагогических условий будет сопровождаться расходованием $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \ldots + a_{in}x_n$ единиц $i$-го педагогического ресурса. Ясно, что количество израсходованного ресурса не может превосходить его имеющегося вначале запаса, поэтому для каждого $i$ должно быть выполнено условие $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \ldots + a_{in}x_n \leqslant b_i$. Кроме того ясно, что количества единиц создаваемых педагогических условий не могут быть отрицательными: $x_1, x_2, \ldots, x_n \geqslant 0$.

С учетом всего сказанного, получаем следующую *математическую* задачу, являющуюся математической *моделью* задачи о максимизации педагогического эффекта (*педагогической* задачи): среди упорядоченных наборов действительных неотрицательных чисел $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, элементы которых удовлетворяют $m$ неравенствам $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \ldots + a_{in}x_n \leqslant b_i$ $(i = 1, \ldots, m)$

[5] Роберт И. В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы, перспективы использования. – М.: Школа-Пресс, 1994. – 205 с. – С. 129.

[6] Акулич И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учеб. пособие для студентов эконом. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 319 с. – С. 4-5.

(будем называть их *допустимыми* наборами или *планами*) найти хотя бы один такой, что на нем функция (будем называть ее *целевой* функцией) $F = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n$ достигает значения, не меньшего (а, быть может, даже большего), чем на любом другом допустимом наборе.

Эта задача называется *стандартной задачей линейного программирования на поиск максимума целевой функции* и кратко записывается так:

$$F = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n \to max$$
$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \leqslant b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \leqslant b_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \leqslant b_m. \end{cases}$$
$$x_1, x_2, \ldots, x_n \geqslant 0.$$

Первым обратил внимание на важность исследования задач линейного программирования (в связи с моделированием экономических явлений и процессов) советский математик Л. В. Канторович[7] в 1939 году. Важный универсальный (и широко применяемый в настоящее время) метод решения задач линейного программирования (симплексный метод) предложен американским математиком Дж. Б. Данцигом[8] в 1949 году. Им же выделены три типовые формы задач линейного программирования (стандартная задача линейного программирования на поиск максимума целевой функции, стандартная задача линейного программирования на поиск минимума целевой функции, каноническая форма (канонический вид) задачи линейного программирования). Данцигом предложен и сам термин «линейное программирование».

При решении задач линейного программирования может применяться также подход, впервые предложенный Ж. Б. Ж. Фурье и усовершенствованный Т. Моцкином – метод Фурье-Моцкина[9].

Названные методы обладают, вообще говоря, экспоненциальной сложностью (количество вычислений может чрезвычайно быстро возрастать при увеличении количества неизвестных и числа ограничений; метод Фурье-Моцкина обладает даже двойной экспоненциальной сложностью), поэтому в математике продолжается поиск новых подходов к решению задач линейного программирования. В 1979 году советским математиком Л. Г. Хачияном для решения задач линейного программирования предложено применение нового алгоритма[10] (так называемого метода эллипсоидов), построенного усилиями советских математиков А. С. Немировского, Н. З. Шоша и Д. Б. Юдина. Алгоритм метода эллипсоидов обладает полиномиальной сложностью (количество вычислений возрастает не так катастрофически быстро, как для алгоритмов с экспоненциальной сложностью). Однако, более высокая эффективность метода эллипсоидов по сравнению с симплексным методом актуальна лишь в теоретическом плане – для самых «плохих» задач линейного программирования, далеких от реальных. На практике же симплексный метод по-прежнему является основным инструментом в линейном программировании.

**Пример педагогического исследования, приводящего к задаче о максимизации педагогического эффекта.** В 2018 году В. В. Воро-

[7] Канторович Л. В. Математические методы организации и планирования производства. – Ленинград: Ленинградский государственный университет, 1939. – 68 с.

[8] Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. – М.: Издательство «Прогресс», 1966. – 600 с.

[9] Там же. С. 87-88.

[10] Ашманов С. А. Линейное программирование. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 340 с. – С. 287-290.

бьевой[11] совместно с автором этой книги выполнено научно-педагогическое исследование, одной из задач которого была следующая: *предложить оптимальное соотношение различных методов обучения в их сочетании на занятии формирования новых знаний обучающихся* (в данном исследованиии изучалось занятие по информатике для учащихся старших классов общеобразовательной школы).

В качестве *педагогических условий* здесь выступают следующие *группы методов обучения* (за основу классификации взят характер учебно-познавательной деятельности обучающихся):

- пояснительно-иллюстративные (информационно-перцептивные) методы обучения (педагогическое условие $C_1$);
- репродуктивные (воспроизводящие) методы обучения (педагогическое условие $C_2$);
- частично-поисковые методы обучения (педагогическое условие $C_3$);
- проблемные методы обучения (педагогическое условие $C_4$);
- исследовательские (поисковые) методы обучения (педагогическое условие $C_5$).

*Целевым педагогическим эффектом* в описываемом исследовании является *степень реализации дидактических целей занятия*. Оценка *эффективности* каждого из пяти исследуемых педагогических условий выполнена методом опроса экспертов. Для этого были опрошены восемь представителей профессорско-преподавательского состава кафедры инженерной и компьютационной педагогики факультета дополнительного и профессионального образования Донецкого национального университета (среди них был и М. Г. Коляда). Каждый эксперт (их мы называем $E_1, E_2, \ldots, E_8$) выполнил ранжирование педагогических условий $C_1, C_2, \ldots, C_5$ в контексте их эффективности для реализации дидактических целей занятия формирования новых знаний обучающихся: наболее эффективное с точки зрения эксперта педагогическое условие оценивается числом 5, наименее эффективное – числом 1. Полученные данные представлены ниже:

| | $E_1$ | $E_2$ | $E_3$ | $E_4$ | $E_5$ | $E_6$ | $E_7$ | $E_8$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_1$ | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| $C_2$ | 3 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 | 3 | 4 |
| $C_3$ | 2 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| $C_4$ | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 3 |
| $C_5$ | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Для оценок по каждой строке этой таблицы найдено среднее арифметическое. Затем каждое из этих средних арифметических (с целью нормирования на единицу) поделено на их сумму. Тем самым получены (измеренные в некоторых условных единицах, точный смысл которых сейчас не важен) оценки эффективности каждого из пяти исследуемых педагогических условий: $c_1 = 0.30$, $c_2 = 0.26$, $c_3 = 0.16$, $c_4 = 0.21$, $c_5 = 0.07$.

В качестве *педагогических ресурсов*, использующихся и расходующихся при создании педагогических условий, были выделены следующие:

- ресурс внимательности обучающихся (педагогический ресурс $R_1$);
- ресурс учебно-познавательной активности обучающихся (педагогический ресурс $R_2$);

[11] Загорный М. П., Воробьева В. В. Принятие оптимальных педагогических решений с использованием линейного программирования // Вестник профессионального образования. – №2(7). – 2018. – С. 25-36.

- эргопсихический ресурс – ресурс учебной трудоспособности обучающихся (педагогический ресурс $R_3$);
- интерактивный ресурс – ресурс желания обучающихся взаимодействовать в учебно-познавательном плане с педагогом и между собой (педагогический ресурс $R_4$).

Оценка ресурсоемкости педагогического условия $C_1$ по отношению к каждому из ресурсов выполнена путем опроса уже называвшихся экспертов. Каждый из них ранжировал ресурсы в контексте их значимости для создания педагогического условия $C_1$ (наиболее значимый ресурс оценивается числом 4, наименее значимый – числом 1. Получены следующие данные:

| | $E_1$ | $E_2$ | $E_3$ | $E_4$ | $E_5$ | $E_6$ | $E_7$ | $E_8$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $R_1$ | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| $R_2$ | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| $R_3$ | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| $R_4$ | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 |

По каждой строке найдено среднее арифметическое, затем каждое из средних арифметических поделено на их сумму. В результате получены (измеренные в условных единицах, смысл которых уточнять сейчас не нужно) оценки ресурсоемкости педагогического условия $C_1$ по отношению к каждому из педагогических ресурсов: $a_{11} = 0.39$, $a_{21} = 0.22$, $a_{31} = 0.18$, $a_{41} = 0.21$.

Аналогично получены оценки ресурсоемкости других рассматриваемых в нашем исследовании педагогических условий по отношению к каждому из принимаемых во внимание педагогических ресурсов. Запасы каждого из ресурсов приняты равными одной условной единице (так же, как и выше, с принятием тезиса об отсутствии необходимости выяснения ее абсолютного смысла, но с признанием допустимости такого приравнивания в относительном контексте). В результате получена сводная таблица входных данных задачи о максимизации педагогического эффекта:

| Педагогические ресурсы | Ресурсоемкости педагогических условий | | | | | Запасы педагогических ресурсов |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | |
| $R_1$ | 0.39 | 0.34 | 0.26 | 0.25 | 0.20 | 1 |
| $R_2$ | 0.22 | 0.18 | 0.26 | 0.28 | 0.30 | 1 |
| $R_3$ | 0.18 | 0.22 | 0.22 | 0.30 | 0.26 | 1 |
| $R_4$ | 0.21 | 0.26 | 0.26 | 0.17 | 0.24 | 1 |
| Эффективности пед. условий | 0.30 | 0.26 | 0.16 | 0.21 | 0.07 | |

Соответствующая задача линейного программирования на поиск максимума целевой функции такова:

$$F = 0.30x_1 + 0.26x_2 + 0.16x_3 + 0.21x_4 + 0.07x_5 \to max$$
$$\begin{cases} 0.39x_1 + 0.34x_2 + 0.26x_3 + 0.25x_4 + 0.20x_5 \leqslant 1, \\ 0.22x_1 + 0.18x_2 + 0.26x_3 + 0.28x_4 + 0.30x_5 \leqslant 1, \\ 0.18x_1 + 0.22x_2 + 0.22x_3 + 0.30x_4 + 0.26x_5 \leqslant 1, \\ 0.21x_1 + 0.26x_2 + 0.26x_3 + 0.17x_4 + 0.24x_5 \leqslant 1. \end{cases}$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geqslant 0.$$

Для этой задачи был найден оптимальный набор $(x_1^*, x_2^*, \ldots, x_n^*)$, обеспечивающий получение наибольшего возможного значения целевой функции $F_{max}$ (методы решения задач линейного программирования и примеры их применения будут рассмотрены дальше). Компоненты оптимального набора были затем приведены к их долям в общем сочетании, чтобы выявить искомое оптимальное соотношение педагогических условий. Оно оказалось таким: $p_1^* = 0.19$, $p_2^* = 0.00$, $p_3^* = 0.00$, $p_4^* = 0.81$, $p_5^* = 0.00$.

Педагогическая *интерпретация* полученного результата может быть следующей: если доверять проявившимся в результате опроса существенным чертам позитивного педагогического опыта экспертов, то *наиболее эффективным для занятия формирования новых знаний обучающихся является сочетание пояснительно-иллюстративных методов обучения с методами проблемного изложения нового материала. Причем, доля проблемных методов должна приблизительно в четыре раза быть более высокой, чем доля методов пояснительно-иллюстративных.*

На этом завершим рассмотрение примера педагогического исследования, приводящего к задаче о максимизации педагогического эффекта.

## Контрольные вопросы и задания

1. Назовите некоторый педагогический процесс или явление. Выделите определяющие его педагогические условия $C_1, C_2, \ldots, C_n$ и его целевой педагогический эффект $F$. В каких единицах (условных или реальных) и каким образом может быть измерена числовая характеристика этого педагогического эффекта?
2. Приведите пример такого педагогического условия $C$ и такого производимого им педагогического эффекта $F$, для которых (хотя бы приближенно) можно считать имеющимся в наличии свойство *аддитивности*, проявляющееся в следующем: если одна единица этого педагогического условия производит $F(1) = c$ единиц педагогического эффекта, то $x$ единиц педагогического условия производят $F(x) = cx$ единиц педагогического эффекта. Приведите также пример такого педагогического условия и такого производимого им педагогического эффекта, для которых даже приближенно нельзя считать имеющимся в наличии свойство аддитивности, появляющееся так, как было только что описано. Каков *характер нелинейности* в Вашем втором примере?
3. Приведите пример таких двух сочетающихся педагогических условий $C_1$, $C_2$ и такого производимого ими педагогического эффекта $F$, для которых (хотя бы приближенно) можно считать имеющимся в наличии свойство *аддитивности*, проявляющееся в следующем: если создание только лишь $x_1$ единиц условия $C_1$ производит $F(x_1, 0) = F_1$ единиц педагогического эффекта, а создание только лишь $x_2$ единиц условия $C_2$ производит

$F(0, x_2) = F_2$ единиц педагогического эффекта, то сочетание $x_1$ единиц условия $C_1$ с $x_2$ единицами условия $C_2$ производит $F(x_1, x_2) = F_1 + F_2$ единиц педагогического эффекта. Приведите также пример таких двух педагогических условий и такого производимого ими педагогического эффекта, для которых даже приближенно нельзя считать имеющимся в наличии свойство аддитивности, появляющееся так, как было только что описано. Каково направление *синергизма* педагогических условий в Вашем втором примере (взаимное *усиление* или взаимное *ослабление*)?

## §2. Задача о минимизации педагогического риска

Принятие педагогических решений часто (а, быть может, и всегда) сопровождается большим или меньшим уровнем *педагогического риска.* Как отмечают В. И. Загвязинский и Р. Атаханов[12], вероятность получения отрицательных результатов (*педагогических дефектов*) становится особенно высокой при внедрении в педагогический процесс различных нововведений. Это требует очень осторожного, взвешенного подхода к нововведениям, чтобы *минимизировать степень возможного риска*, не навредить обучающимся, воспитуемым. Меньшей, но все же отличной от нуля, степенью риска характеризуется и традиционный педагогический процесс. Нельзя согласиться с теми, кто считает, что рисковать в педагогической деятельности вообще нельзя: *без риска невозможно никакое развитие.* Следовательно, необходимо изучение способов отбора таких сочетаний создаваемых в образовательном процессе педагогических условий, которые минимизируют уровень сопутствующего названному процессу педагогического риска.

[12] Загвязинский В. И, Атаханов Р. Методология и методы психолого-педагогического исследования: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 208 с. – С. 48-49.