

АНАЛИЗ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ В ГРУППЕ

© 2016 Д.Ф. Китаев, А.А. Макаров, С.Д. Смольников

ЧОУ ВО «Международный институт рынка», г. Самара, Россия

Статья посвящена проблеме разработки эффективности обучения слушателей, объединенных в учебную группу, что в настоящее время наиболее распространено в учебном процессе. Уточнена нелинейная модель обучения в группах, представляющая систему дифференциальных уравнений и использующая в качестве переменных такие параметры, как обучающая информация, доставляемая в группу в процессе обучения, и степень организованности обучения. Определено, что существенное значение имеет эффект насыщения, влияние которого отсутствует в формуле. Проведено исследование системы на устойчивость, а также исследование в пакете имитационного моделирования AnyLogic. Было показано, что при высокой степени организованности обучения уровень информационной учебной нагрузки, предлагаемой обучаемым, быстро стабилизируется и зависит только от баланса коэффициентов, учитывающих, соответственно, влияние уровня организации обучения и влияние эффекта «насыщения», обусловленного нелинейным взаимодействием организованности и потока учебной информации.

Ключевые слова: обучение в группах, организация обучения, обучающая информация, математическая модель, имитационное моделирование.

Система высшего образования традиционно использует, с одной стороны, обучение в группах, а с другой, все больше внимания уделяет индивидуальному обучению и самообразованию. Поэтому естественен вопрос:– насколько исчерпан потенциал традиционного обучения учащихся в учебных группах? Каковы резервы этого вида обучения? Ответ на этот вопрос может быть получен путем моделирования процесса обучения в группе. В работе [2] авторами поставлена задача построения модели, описывающей процесс обучения в группах, а в работе [3] была предложена нелинейная модель обучения в группах. Модель, построенная на базе соционики, включает в себя две переменные и пять параметров:

$$\begin{cases} \frac{dJ}{dt} = \alpha_1 P - \alpha_2 J \\ \frac{dP}{dt} = \beta_1 P - \beta_2 P^2 - \beta_3 PJ \end{cases} \quad (1);$$

где: $J(t)$ – обучающая информация, доставляемая в группу в процессе обучения, $P(t)$ – степень организованности обучения.

Параметры:– $\alpha_1 P$ – описывает приток обучающей информации за счет лучшей организации обучения;– $\alpha_2 J$ – учитывает эффект устаревания информации, а также эффект «информационного переполнения»;– $\beta_1 P$ – описывает процесс самоорганизации в группах; – $\beta_2 P^2$ – учитывает потерю организованности за счет непроизводительных контактов учащихся между собой;– $\beta_3 PJ$ – описывает взаимодействие обучающихся с информацией.

В работе было показано, что модель допускает два набора стационарных решений:

$$\begin{aligned} \bar{J}_1 = \bar{P}_1 = 0; \\ \bar{J}_2 = \frac{\alpha_1 \beta_1}{\Delta}; \quad \bar{P}_2 = \frac{\alpha_2 \beta_1}{\Delta}; \quad \Delta = \alpha_2 \beta_2 + \alpha_1 \beta_3 \end{aligned}$$

Первое решение тривиально и интереса не представляет, к тому же оно неустойчиво во всех диапазонах изменения параметров (при условии их положительности).

Второе решение демонстрирует пропорциональную зависимость между информацией и степенью организованности обучения и является устойчивым узлом во всех диапазонах изменения параметров.

Следует, однако, отметить, что эта пропорциональная зависимость между информацией и степенью организации обучения не слишком правдоподобна. В самом деле, из общих эмпирических соображений вытекает, что поток обучающей информации даже при очень высокой степени организованности имеет, как минимум, психофизиологический предел, определяемый способностью мозга усвоить новую информацию.

Для учета такого эффекта насыщения добавим в первое уравнение системы (1) слагаемое $-\alpha_3PJ$, учитывающее коммулятивный эффект взаимодействия факторов P и J.

Таким образом, система (1) преобразуется к виду:

$$\begin{cases} \frac{dJ}{dt} = \alpha_1 P - \alpha_2 J - \alpha_3 PJ \\ \frac{dP}{dt} = \beta_1 P - \beta_2 P^2 - \beta_3 PJ \end{cases} \quad (2)$$

Эта система восстанавливает симметрию по нелинейным составляющим PJ, учитывающим взаимодействия соответствующих факторов.

Как и исходная система (1), система (2) допускает два стационарных решения, одно из которых тривиально: $P_1=J_1=0$ и интереса не представляет. Второе решение имеет вид:

$$\bar{J} = \frac{\alpha_1 \bar{P}}{\alpha_2 + \alpha_3 \bar{P}} = 0;$$

где P является положительным корнем уравнения:

$$\alpha_3 \beta_2 \bar{P}^2 - \gamma \bar{P} - \alpha_2 \beta_1 = 0; \quad \gamma = \alpha_3 \beta_1 - \alpha_2 \beta_2 - \alpha_1 \beta_3$$

Из уравнения для J следует, что при: $\bar{P} \rightarrow \infty, \bar{J} \rightarrow \alpha_1 / \alpha_3$, что и представляет естественный максимальный предел доставляемой информации при любой

сколь угодно высокой степени организации обучения.

Элементарное исследование уравнения для P показывает, что при всех положительных коэффициентах оно всегда допускает один положительный корень, независимо от знака комплекса γ .

Прежде чем перейти к исследованию системы (2) на устойчивость, преобразуем ее к более удобному виду. Как следует из общих положений теории размерности, подбирая соответствующим образом единицы измерения переменных модели и времени, можно три коэффициента системы выбрать произвольным образом (например, приравнять единице). Выберем в качестве таковых коэффициенты: $\alpha_2 = \beta_3 = \alpha_3 = 1$.

Тогда систему (2) можно привести к виду:

$$\begin{cases} \frac{dJ'}{dt'} = kP' - J' - P'J' \\ \frac{dP'}{dt'} = gP' - fP'^2 - P'J' \end{cases};$$

$$t' = \alpha_2 t, J' = J \beta_3 / \alpha_2, P' = P \alpha_3 / \alpha_2, k = \frac{\alpha_1 \beta_3}{\alpha_2 \alpha_3}, f = \frac{\beta_3}{\alpha_3}, g = \frac{\beta_1}{\alpha_2}$$

Используя стандартную процедуру исследования на устойчивость системы дифференциальных уравнений, находим коэффициенты:

$$\Delta = \det \left\| \left(\frac{\partial F_i}{\partial X_j} \right) \right\|, \quad \sigma = \sum_i \left(\frac{\partial F_i}{\partial X_i} \right)$$

где det – детерминант матрицы линейного оператора.

Если $\Delta < 0$, то решение – всегда неустойчивое седло. При $\Delta > 0$ и $\sigma < 0$ соответствующее стационарное решение системы – устойчивый узел или фокус, при $\Delta > 0$ и $\sigma > 0$ узел (фокус) становится неустойчивым. Пограничный случай: $\Delta > 0$ и $\sigma = 0$ приводит к существованию в системе устойчивого предельного цикла.

Для системы (3) параметры Δ и σ :

$$\Delta = f\bar{P}'(1+\bar{P}') + \bar{J}', \quad \sigma = -(1+\bar{P}'(1+f))$$

Здесь \bar{P}' , \bar{J}' - стационарные решения соответствующих уравнений системы (3). Видно, что при положительных значениях переменных P и J и коэффициента f , система (3) устойчива, а следовательно, устойчива и исходная система (2).

Дальнейшее исследование системы (2) было проведено в пакете имитационного моделирования AnyLogic 6.9.0 [4]. Заметим, что для интерпретации

результатов моделирования лучше использовать общий вид системы (2), а для исследования на устойчивость – модифицированную систему (3).

На рисунках 1 и 2 приведены типичные фазовая диаграмма и графики зависимости от времени переменных P и J для определенных значений параметров k , g и f . Хорошо заметна быстрая сходимость переменных к стационарным значениям, что и подтверждает высокую устойчивость анализируемой модели.

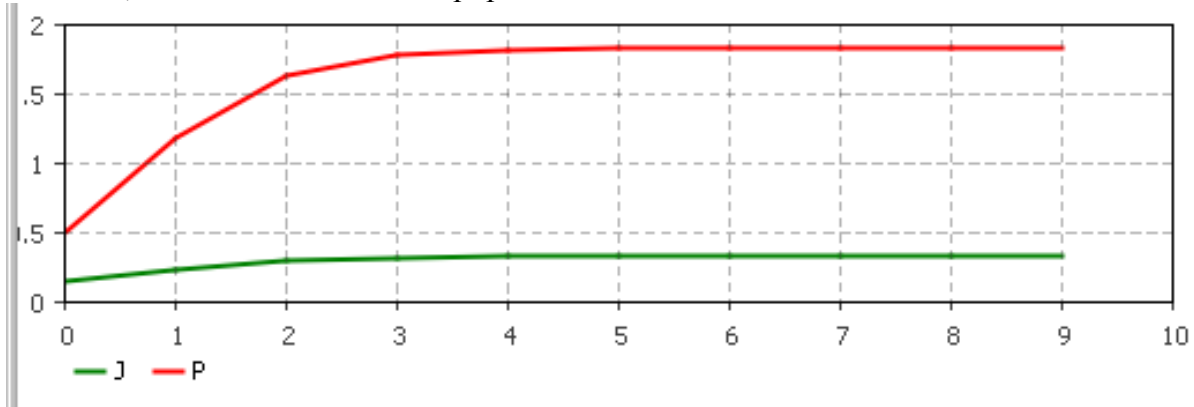


Рисунок 1 - Зависимость от времени переменных $J'(t)$ и $P'(t)$ при значениях параметров: $f=1$, $k=2$, $g=3$

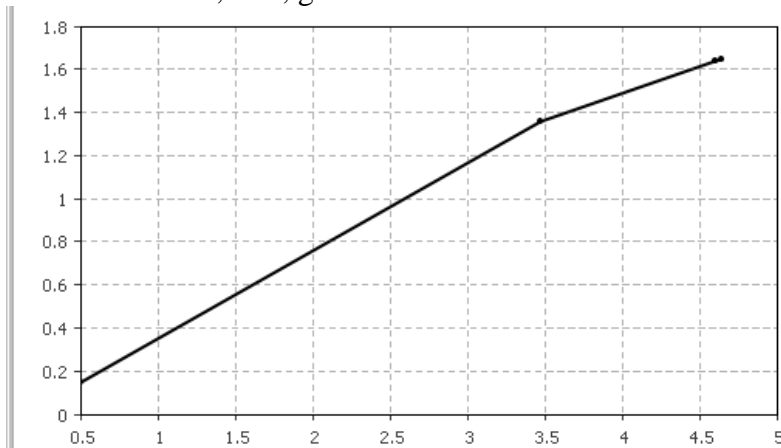


Рисунок 2 - Зависимость $J'(P')$ для $f=1$, $k=2$, $g=3$.

Из приведенных выше соотношений следует, что при высокой степени организованности обучения уровень информационной учебной нагрузки, предлагаемой обучаемым, быстро стабилизируется и зависит только от баланса коэффициентов α_1 и α_3 , учитывающих, соответственно, влияние уровня организации обучения (квалификация преподавателей,

оснащенность обучения, «грамотное» расписание и т.д.) и влияние эффекта «насыщения», обусловленного нелинейным взаимодействием организованности и потока учебной информации.

Поскольку доказана устойчивость модели при любых (положительных) значениях параметров α_i и β_i , представляет интерес исследование зависимости переменных модели J и P от этих

параметров и, прежде всего, от параметров α_3 и β_3 , учитывающих вклад нелинейных составляющих. Такое исследование авторами планируется в ближайшее время.

Также для интерпретации результатов моделирования необходимо знать значения параметров α_i и β_i . Их значения можно установить из наблюдений зависимости переменных J и P от времени. Общая процедура такого исследования выглядит следующим образом. В некоторые моменты t_1, t_2, t_n фиксируются значения

J_1, J_2, J_n и P_1, P_2, P_n в любых удобных единицах измерения. Правая часть системы уравнений (2) представляется в разностной форме, а сама система (2) преобразуется в систему линейных уравнений относительно неизвестных α_i и β_i . Решение этой системы и дает значения искомых параметров. Данные модели могут быть реализованы в ИС вузов [5,6]

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аугустинавичюте А. Соционика: Введение. – СПб., Terra Fantastica, 1998, С. 194 – 311.
2. Китаев Д.Ф., Макаров А.А., Смольников С.Д. Алгоритм формирования многоагентной модели группового образовательного процесса // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-3.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23348> (дата обращения: 22.04.2016).
3. Китаев Д.Ф., Макаров А.А., Макарова Л.В., Смольников С.Д. Имитационная модель оценки эффективности обучения в группе // Вестник Международного института рынка. 2015. № 2. С. 92-98.
4. <http://www.anylogic.ru>. (Дата обращения: 28.04.2016).
5. Хаймович И.Н., Дровяников В.И. Особенности интеграции экономико-математического инструментария в информационную систему управления вуза // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2010. - №74. – С.17-20.
6. Юмашев В.Л. Моделирование стратегий риелтора в многоакторной информационной среде // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. – с.183-187.

ANALYSIS OF SIMULATION MODELS OF ESTIMATION THE EFFECTIVENESS OF TRAINING IN A GROUP

© 2016 Dmitry F. Kitaev, Alexey A. Makarov, Sergey D. Smolnikov

International Market Institute, Samara, Russia

The article is devoted to the problem of developing the effectiveness of training listeners in the study group that currently, the most widespread in the educational process. The article defines nonlinear model of learning in groups, representing the system of differential equations and using variables as parameters such as training information delivered to the group in the learning process and the degree of organization of the training. The article determines that essential is the saturation effect, the impact of which is missing in the formula. The authors carried out research of system on sustainability and study in the simulation package AnyLogic. It was shown that with a high degree of organization of the training the level of information teaching load offered to the trainees quickly stabilizes and depends on balance of factors, taking into account, respectively, the effect of organization level learning and the effect of «saturation» due to the nonlinear interaction of organization and flow of educational information.

Key words: group training, training, training information, mathematical model, simulation modeling.