

С. Я. ЖУКОВИЧ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Филиал Белорусского национального технического университета «Борисовский государственный политехнический колледж»

Предложена математическая модель дистанционного обучения на основе теории управления в виде неоднородного линейного дифференциального уравнения. На основе коэффициентов усвоения и забывания, определённых с помощью специальных тестов, можно прогнозировать в некотором приближении уровень текущих знаний как отдельного обучаемого, так и группы или потока студентов.

Ключевые слова: системный анализ, математическая модель процесса дистанционного обучения, теория управления.

Введение

Вынужденный переход весной 2020 года и осенью-зимой 2021 года множества учреждений образования всего мира и, в частности, Республики Беларусь на дистанционную форму обучения актуализирует серьезное развитие данной формы обучения с использованием таких методов системного анализа [1], как математическое моделирование и теория управления.

Математическая модель процесса дистанционного обучения с использованием теории управления

Процесс дистанционного обучения может быть описан с помощью неоднородного линейного дифференциального уравнения [2, 3]:

$$\frac{dZ}{dt} = -kZ + f(t), \quad (1)$$

где $Z = Z(t)$ – текущий уровень (объем) усвоенного учебного материала (в академических часах),

k – коэффициент забывания, который показывает, какую часть от текущего уровня усвоенного учебного материала Z обучаемый забывает в среднем за сутки,

$f(t)$ – объем учебного материала, усвоенный обучаемым за время dt .

Решение уравнения (1) представляется в виде

$$Z = Z_0 e^{-\int_0^t k(v)dv} + e^{-\int_0^t k(v)dv} \int_0^t f(\tau) e^{\int_0^\tau k(v)dv} d\tau, \quad (2)$$

где Z_0 – начальный уровень усвоенного учебного материала при $t = t_0$.

Правая часть уравнения (2) представляет собой сумму свободного и вынужденного движений системы. Вынужденное движение происходит вследствие внешнего воздействия при нулевых начальных условиях. Вынужденное движение отлично от нуля только после приложения внешнего воздействия. Внешнее воздействие является управлением в виде учебной нагрузки, подаваемой в определенные промежутки времени.

Нагрузку на учебном курсе $U(t)$ можно представить в виде суммы:

$$U(t) = u_0(t) + u_2(t) + u_4(t),$$

где u_0 – программное управление, задаваемое в виде заранее запланированной нагрузки, осуществляемой преподавателем онлайн (в академических часах),

u_2 – программное управление в виде нагрузки для самостоятельного обучения,

u_4 – программное управление на дистанционном курсе в виде просмотра обучаемым видеолекций.

Если учесть, что в процессе обучения присутствует управление с обратной связью в виде повторения уже пройденного материала,

объем усвоенных знаний из (1) можно составить из шести частей:

$$f(t) = \sum_{i=0}^5 k_i u_i(t), \quad (3)$$

где k_0 – коэффициент усвоения учебного материала при обучении с помощью преподавателя;

u_1 – управление процессом повторения посредством контрольных и самостоятельных работ после обучения преподавателем (u_1 является управлением с обратной связью),

k_1 – коэффициент усвоения для управления u_1 ;
 k_2 – коэффициент усвоения для управления u_2 ;
 u_3 – управление с обратной связью при повторении материала, изученного обучаемым самостоятельно,

k_3 – коэффициент усвоения для управления u_3 ;
 k_4 – коэффициент усвоения для управления u_4 ;
 u_5 – управление с обратной связью при повторении материала, изученного обучаемым в виде видеолекций,

k_5 – коэффициент усвоения для управления u_5 ;

Все коэффициенты изменяются в пределах от нуля до единицы ($0 \leq k, k_i \leq 1, i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$) и определяются с помощью специальных тестов.

Таким образом, процесс обучения на дистанционном курсе можно описать с помощью неоднородного линейного дифференциального уравнения

$$\frac{dZ}{dt} = -kZ + \sum_{i=0}^5 k_i u_i(t), \quad (4)$$

Решение уравнения (4) представляется в виде

$$Z(t) = Z_0 e^{-\int_0^t k(v)dv} + e^{-\int_0^t k(v)dv} \int_0^t \sum_{i=0}^5 k_i u_i(\tau) e^{\int_0^\tau k(v)dv} d\tau. \quad (5)$$

Кривые обучения для разных коэффициентов забывания и усвоения

Пусть программное управление задано равномерно и студент изучает один раз в неделю 2 часа по заданному предмету в течение 17 недель (общий объем изучаемого материала – 34 часа). Кривые обучения для разных коэффициентов забывания и усвоения при кусочно-непрерывном равномерном программном управлении представлены на рис. 1, 2.

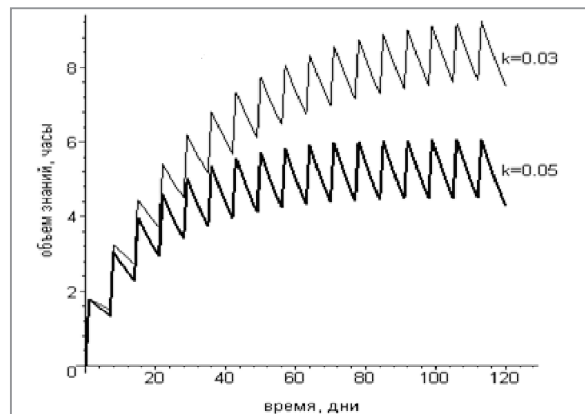


Рис. 1. Кривые обучения ($k_0 = 0,9$) для разных коэффициентов забывания k

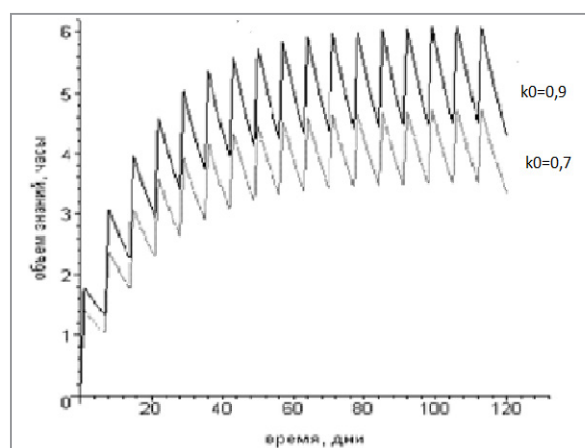


Рис. 2. Кривые обучения ($k = 0,05$) для разных коэффициентов усвоения k_0

Проведем аппроксимацию нижней кривой на рисунке 4. с помощью полинома (рис. 3):

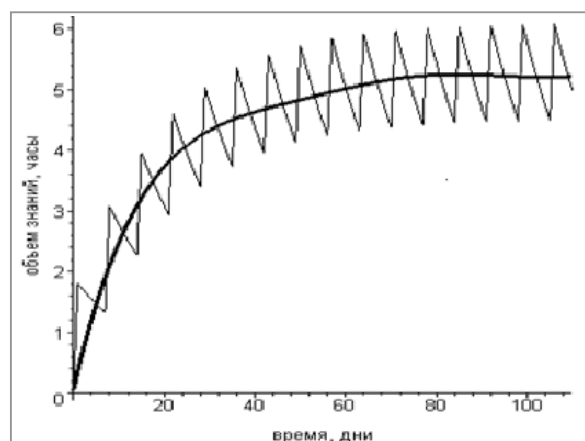


Рис. 3. Аппроксимированная кривая обучения, $k_0 = 0,9, k = 0,05$

Из рис. 1, 2 видно, что форма кривой обучения для непрерывного программного

управления и аппроксимации кривой для кусочно-непрерывного программного управления (рис. 3), полученных на основе математической модели (4), аналогична феноменологической классической кривой научения, описанной в источнике [4], представленной на рис. 4. Таким образом, при любой равномерной нагрузке теоретически получается классическая кривая научения.

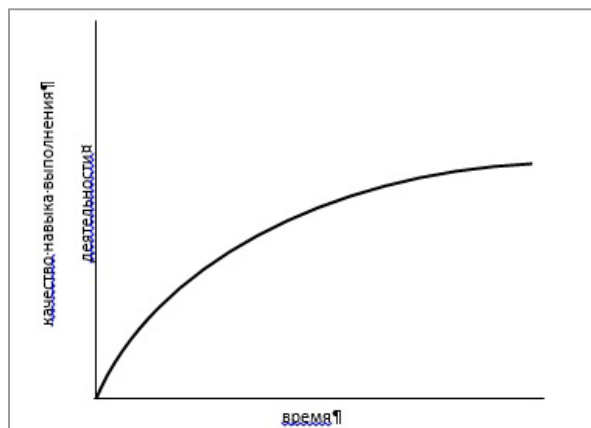


Рис. 4. – Классическая кривая научения

Для устойчивого обучения необходимо обеспечить переход знаний у обучаемых из кратковременной памяти в долговременную. Это обеспечивается путем применения управления с обратной связью с постепенным уменьшением коэффициента начального забывания k по некоторому закону [5]:

$$k(n) = ke^{-n},$$

где $k(n)$ – коэффициент забывания для определенного объема материала, повторенного n раз.

Также при повторении увеличиваются по некоторому закону все коэффициенты

усвоения, стремясь к единице при достаточно большом числе повторений.

Заключение

Математические модели, описывающие процесс обучения описаны в литературе достаточно широко. Однако, главный недостаток математических моделей, которые описывали изменение информационной характеристики обучения с течением времени, в том, что в них нет в явном виде управления, что делает невозможным моделирование оптимального управления процессом обучения. Задача состоит в том, что система, представляющая дистанционный процесс обучения, должна быть управляема в том смысле, как это принято при оптимальном управлении техническими системами. Для того, чтобы рассчитать оптимальное управление процессом накопления знаний студентов, необходима математическая модель обучения в виде дифференциального уравнения, в котором управление присутствует в явном виде.

Математическая модель дистанционного обучения может быть полезна, прежде всего, педагогам. На основе коэффициентов усвоения и забывания, определенных с помощью специальных тестов, можно прогнозировать в некотором приближении уровень текущих знаний как отдельного обучаемого, так и группы или потока студентов. Таким образом, процесс обучения может контролироваться более точно по сравнению с традиционным подходом.

В дальнейшем на основе данной математической модели может быть создана автоматизированная система дистанционного обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диязитдинова, А. Р. Общая теория систем и системный анализ / А. Р. Диязитдинова, И. Б. Кордонская – Самара: ПГУТИ, – 2017. – 125 с.
2. Зеневич, А. М., Жукович, С. Я. Математическое моделирование процесса обучения // Материалы международной научно-практической конференции «Подготовка научных кадров высшей квалификации с целью обеспечения инновационного развития экономики». – 2006. – С. 73–74.
3. Асанович, В. Я., Жукович, С. Я. Математический метод оптимального управления экспортом образовательных услуг / В. Я. Асанович, С. Я. Жукович // Инновационные образовательные технологии – 2014. – № 2. – С. 45–51.
4. Крайг, Г. Психология развития / Г. Крайг, Д. Бокум. – 9-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 940 с.
5. Майер, Р. В. Кибернетическая педагогика: Имитационное моделирование процесса обучения / Р. В. Майер. – Глазов, ГГПИ, 2013. – 138 с.

REFERENCES

1. Dijazitdinova, A. R. General systems theory and systems analysis / A. R. Dijazitdinova, I. B. Kordonskaja – Samara: PGUTI, – 2017. – 125 s.

2. **Zenevich, A. M., Zhukovich, S. Ya.** Mathematical modeling of the learning process // *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Podgotovka nauchnyh kadrov vysshej kvalifikacii s cel'ju obespechenija innovacionnogo razvitiya jekonomiki»*. – 2006. – С. 73–74.
3. **Asanovich, V. Ya., Zhukovich, S. Ya.** Mathematical method for optimal management of the export of educational services / V. Ya. Asanovich // *Innovacionnye obrazovatel'nye tehnologii* – 2014. – № 2. – С. 45–51.
4. **Craig, G.** *Developmental psychology* / G. Craig, D. Baukum. – 9-e izd. – SPb.: Piter, 2005. – 940 s.
5. **Mayer, R. V.** *Cyber Pedagogy: Simulation of the Learning Process* / R. V. Mayer. – Glazov, GGPI, 2013. – 138 с.

ZHUKOVICH S. Ya.

APPLICATION OF METHODS OF SYSTEM ANALYSIS FOR MODELING THE PROCESS OF DISTANCE LEARNING

Branch of the Belarusian National Technical University “Borisov State Polytechnic College”

A mathematical model of distance learning based on control theory in the form of an inhomogeneous linear differential equation is proposed. On the basis of the coefficients of assimilation and forgetting, determined with the help of special tests, it is possible to predict, in some approximation, the level of current knowledge of both the individual trainee and the group or stream of students.

Key words: *systems analysis, mathematical model of the distance learning process, theory of control.*



Жукович Сергей Яковлевич – инженер-программист филиала БНТУ «Борисовский государственный политехнический колледж». Научные интересы связаны с математическим моделированием процесса обучения, разработкой методов оптимального управления процессом дистанционного обучения, разработкой автоматизированной системы дистанционного обучения.

Sjarhei Ya. Zhukovich – software engineer of the Borisov State Polytechnic College branch of BNTU. Scientific interests are related to mathematical modeling of the learning process, the development of methods for optimal control of the distance learning process, the development of an automated distance learning system. Email: s.zhuk@tut.by