Оптимальное управление бизнес-процессом экспорта сетевых образовательных услуг в УВО Республики Беларусь

Optimal business process management of network educational services export in institutes of higher education in the Republic of Belarus

Жукович Сергей Яковлевич[1]
Zhukovich Siarhey

1. *Ассистент кафедры информационных технологий Белорусского государственного экономического университета*
Assistant of the Department of information technologies of Belarusian State Economic University
e-mail: *s.zhuk@tut.by*

Аннотация
Предложена математическая модель обучения на основе теории управления, которая позволит прогнозировать уровень текущих знаний как отдельного обучаемого, так и группы или потока студентов. Приведенные методы оптимального управления могут быть использованы руководителями разных уровней для решения ряда задач управления, а также для управления бизнес-процессом обучения на экспортном сетевом курсе.

Ключевые слова: математическая модель обучения, оптимальное управление, экспортный сетевой курс.

Abstract
The author proposes a mathematical learning model based on the control theory that will give the opportunity to predict the level of current knowledge of an individual learner or groups of students. The methods of optimal management can be used by managers of different levels to solve a number of management problems, and to manage the business process of learning on the export network course.

Keywords: mathematical model of learning, optimal management, export network course.

Поступила в редакцию / Received: 20.03.2015

Web: http://elibrary.miu.by/journals!/item.iot/issue.42/article.10.html

Введение

В настоящее время становится все более актуальна проблема роста экспорта образовательных услуг. Согласно Государственной программе развития высшего образования, к 2015 году планируется увеличение данного показателя в 3 раза [1]. Выбор грамотного подхода к вопросу об экспорте образовательных услуг не только может стать серьезным источником валютных доходов для страны, но и приведет к усилению позиций РБ на международной арене, в то числе в рамках Болонского процесса.

Кроме традиционного вида образовательной услуги, когда студенты непосредственно контактируют с преподавателем, существуют различные современные формы дистанционного обучения: онлайн и офлайн [2]. В таких формах обучения преподаватель находится удаленно и не имеет полной обратной связи с обучаемым, а следовательно, полноценного контроля и возможности оценить эффективность работы студента, что может негативно отразиться на качестве образовательной услуги.

Отсюда возникает необходимость применения экономико-математических методов для оптимального управления дистанционным бизнес-процессом обучения. Многие исследователи строили математические модели, которые описывали изменение информационной характеристики обучения с течением времени [3, 4, 5]. Однако 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.

Были исследованы следующие вопросы: моделирование процесса накопления знаний студентов на основе теории управления и оптимальное управление обучением на экспортном сетевом курсе.

1. Математическая модель обучения на основе теории управления

С достаточной точностью можно аппроксимировать экспериментальные данные для процесса забывания [6] с помощью экспоненты с отрицательным показателем (если брать характерное время для процесса обучения равным сутки и более). Большинство исследователей выражают эту зависимость с помощью формулы [3, 5]:

$$Z = Z_0 \exp(-kt), \tag{1}$$

где $Z = Z(t)$ — уровень (объем) текущих знаний (в академических часах);

Z_0 — начальный объем знаний при $t = t_0$;

k — коэффициент забывания, который показывает, какую часть от текущих знаний Z обучаемый забывает в среднем за сутки.

Дифференцируя (1) по времени t, получаем однородное линейное дифференциальное уравнение

$$\frac{dZ}{dt} = -kZ. \tag{2}$$

Уравнение (2) описывает свободное движение вследствие ненулевых начальных условий. В задаче обучения это соответствует постепенному забыванию ранее усвоенного объема знаний Z_0.

Для того чтобы имелся положительный прирост знаний, процесс обучения нужно описывать с помощью неоднородного линейного дифференциального уравнения:

$$\frac{dZ}{dt} = -kZ + f(t), \tag{3}$$

где $f(t)$ – объем усвоенных знаний. Решение уравнения (3) представляется функцией

$$Z = Z_0 e^{-\int_0^T k dt} + e^{-\int_0^T k dt} \int_0^T f(t) e^{\int_0^T k dt} dt, \tag{4}$$

где T – конечный момент времени.

В технических системах функцию управления разбивают на программное управление и управление с обратной связью [7].

Нагрузку на дистанционном 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 сетевом курсе в виде просмотра обучаемым видеолекций, апробированных во время традиционного процесса обучения.

Если учесть, что в процессе обучения присутствует управление с обратной связью в виде повторения уже пройденного материала, объем усвоенных знаний из (3) можно составить из шести частей:

$$f(t) = \sum_{i=0}^{5} k_i u_i(t) \cos\left(a u_i(t)\right), \tag{5}$$

где k_0 — коэффициент усвоения новых знаний при обучении с помощью преподавателя онлайн;

u_1 – управление процессом повторения посредством контрольных и самостоятельных работ после обучения преподавателем онлайн (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;

u_5 – управление с обратной связью при повторении материала, изученного обучаемым в виде видеолекций,

k_5 — коэффициент усвоения для управления u_5;

$$a = \frac{\pi}{2Z_{\max}},$$

$Z_{\max}$ – максимальный объем знаний по данному предмету (объем дистанционного курса в академических часах),

$$Z_{\max} = \sum_{i=1}^{N} X_i,$$

где N – число запланированных занятий,

X_i – объем знаний, который дается на i-м занятии (или при самостоятельном обучении).

Все коэффициенты изменяются в пределах от нуля до единицы ($0 \le k, \quad k_i \le 1, \quad i = 0, 1, 2, 3.$) [12].

Функция $\cos\left(a u_i(t)\right)$ в формуле (5) выполняет роль фильтра, не допускающего усвоения слишком большого однократного объема нагрузок ($0 \le \cos\left(a u_i(t)\right) \le 1$).

Таким образом, процесс дистанционного обучения можно описать с помощью неоднородного линейного дифференциального уравнения

$$\frac{dZ}{dt} = -kZ + \sum_{i=0}^{5} k_i u_i(t) \cos\left(a u_i(t)\right). \tag{6}$$

Решение уравнения (6) представляется в виде

$$Z = Z_0 e^{-\int_0^T k dt} + e^{-\int_0^T k dt} \int_0^T \sum_{i=0}^{5} k_i u_i \cos\left(a u_i(t)\right) e^{\int_0^T k dt} dt. \tag{7}$$

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 забывания k по некоторому закону

$$k_{(n)} = \frac{k}{f(n)}, \tag{8}$$

где $k_{(n)}$ — коэффициент забывания для определенного объема материала, повторенного n раз. В первом приближении будем считать справедливой зависимость [3]:

$$k_{(n)} = ke^{-n}. \tag{9}$$

2. Оптимальное программное управление обучением на экспортном сетевом курсе

Решим задачу оптимального программного управления при самостоятельном обучении студента на экспортном сетевом курсе ($u_0 = 0, u_1 = 0, u_3 = 0, u_4 = 0, u_5 = 0$). Для решения задачи будем применять один из наиболее эффективных методов в теории оптимального управления – метод Лагранжа–Понтрягина для непрерывных управляемых процессов [8, 9, 10, 11].

Имеем исходное дифференциальное уравнение процесса:

$$\frac{dZ}{dt} = -kZ + k_2u_2(t)\cos\left(au_0(t)\right). \tag{10}$$

Рассмотрим функционал качества управления обучением:

$$J = \int_0^T \left(u_2(t) - Z(t)\right) dt - Z(T), \tag{11}$$

где T – конечный момент времени.

Для оптимального управления процессом обучения функционал (11) должен принимать минимальное значение на интервале $[0,T]$. Функционал (11) можно разбить на три слагаемых:

$$J = J_1 - J_2 - Z(t);$$

где J_1 – функционал потерь – должен принимать минимальное значение:

$$J_1 = \int_0^T u_2(t)dt;$$

J_2 – функционал качества обучения, характеризующий сохранение накопленных знаний после сдачи экзамена (зачета), – должен принимать максимальное значение:

$$J_2 = \int_0^T Z(t)dt;$$

конечный объем знаний $Z(T)$ должен принимать максимальное значение.

Гамильтониан (), соответствующий уравнению (10) и функционалу (11):

$$H = [-kZ + k_2u_2\cos(au_2)]p + (u_2 - Z)p_0, \tag{12}$$

где $p = p(t)$, $p_0 = p_0(t)$ – дополнительные переменные. Обычно рассматривают два случая: $p_0(t) \equiv 0$ и $p_0(t) \neq 0$. Если требуется минимизировать определенный функционал качества управления, то часто полагают $p_0(t) = 1$ [10].

Уравнение (10) автономно, т.е. не содержит в явном виде время t, поэтому гамильтониан (12), в соответствии с принципом минимума Понтрягина для оптимального управления, тождественно равен нулю [8]:

$$H\left(p(t), u_2^*(t), Z^*(t)\right) \equiv 0, \quad 0 \le t \le T. \tag{13}$$

Будем считать, что при оптимальном управлении нагрузка дается небольшими порциями для наилучшего усвоения, поэтому для упрощения примем в (10) $\cos(au_2) \approx 1$. Тогда из (13) получаем выражение для непрерывного программного управления:

$$u_2^*(t) = \frac{Z^*(kp+1)}{k_2p+1}. \tag{14}$$

Составим систему канонических уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{dZ}{dt} = \dfrac{\partial H}{\partial p} \\ \dfrac{dp}{dt} = -\dfrac{\partial H}{\partial Z} \end{cases} \tag{15}$$

Из второго уравнения системы уравнений (15) и гамильтониана (12) получаем дифференциальное уравнение для нахождения дополнительной переменной p

$$\frac{dp}{dt} = kp + 1. \tag{16}$$

Решением уравнения (16) является функция

$$p(t) = p(0)e^{kt} - \frac{1}{k} + \frac{1}{k}e^{kt}. \tag{17}$$

Постоянную интегрирования $p(0)$ находим из равенства нулю гамильтониана H в момент времени $t = 0$

$$p(0) = \frac{Z_0 - u_2(0)}{k_2u_2(0) - kZ_0},$$

где $u_2(0)$ – значение функции управления в момент времени $t = 0$.

Пусть нужно оптимальным образом попасть из точки $(Z_0, 0)$ в точку (Z_1, T), где $Z_1 \in [Z_{\min}, Z_{\max}]$. В качестве Z^*

в формуле (14) возьмем в первом приближении прямую, соединяющую начальную и конечную точки:

$$Z^0(t) = Z_0 + \frac{Z_1 - Z_0}{T} t, \quad t \in [0, T]. \tag{18}$$

Таким образом, получаются следующие формулы для расчета оптимального программного управления и оптимальной траектории:

$$u_2^*(t) = \frac{Z^0(t)(kp+1)}{k_2 p + 1}, \tag{19}$$

$$Z^*(t) = Z_0 e^{-kt} + e^{-kt} \int_0^T k_2 u_2^*(t) e^{kt} \, dt, \tag{20}$$

где дополнительная переменная

$$p(t) = \frac{Z_0 - u_2(0)}{k_2 u_2(0) - k Z_0} e_{kt} - \frac{1}{k} + \frac{1}{k} e^{kt}. \tag{21}$$

3. Оптимальное управление с обратной связью обучением на экспортном сетевом курсе

При реальном учебном процессе программное управление u_2 обычно задано заранее и является дискретным. Поэтому задача оптимального управления сводится к нахождению оптимального управления с обратной связью $u_3^* = u_3^*(t, Z(t))$ (синтез оптимального регулятора) [7].

Имеем исходное дифференциальное уравнение и изучаемого процесса:

$$\frac{dZ}{dt} = -kZ + k_2 u_2(t) + k_3 u_3(t). \tag{22}$$

Требуется минимизировать функционал качества управления обучением:

$$J = \int_0^T (u_3(t) - Z(t)) \, dt - Z(T). \tag{23}$$

Достаточным условием минимума функционала (23) является уравнение Беллмана для непрерывных детерминированных систем [9, 11]. Если существует функция $\varphi(t, Z)$, удовлетворяющая уравнению Беллмана

$$\max_{u_3 \le u_{3\max}} \left\{ \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial \varphi}{\partial Z}(-kZ + u_2 + u_3) - u_3 + Z \right\} = 0 \tag{24}$$

с граничным условием

$$\varphi(T, Z) = Z(T), \tag{25}$$

и управление u_3, удовлетворяющее условию

$$u_3^* = \arg\max_{u_3 \le u_{3\max}} \left\{ \frac{\partial \varphi}{\partial Z}(-kZ + u_2 + u_3) - u_3 + Z \right\} \tag{26}$$

с ограничением

$$0 \le u_3 \le u_{3\max}, \tag{27}$$

то $u_3^*(t, Z)$ является оптимальным управлением с полной обратной связью, где $u_{3\max}$ – максимально допустимая нагрузка для повторения.

Уравнение Беллмана (24) линейно по u_3, поэтому оптимальное управление u_3^* с ограничением 27 будет релейным [11] и описывается уравнением

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial Z} - 1 \right) u_3^* = 0,$$

которое удовлетворяет условию (26).

Тогда оптимальное управление с обратной связью

$$u_3^* = \begin{cases} 0, & \frac{\partial \varphi}{\partial Z} \neq 1 \\ u_{3\max}^*, & \frac{\partial \varphi}{\partial Z} = 1 \end{cases}. \tag{28}$$

Из системы уравнений (28) при граничном условии (25) определяется условие включения управления с обратной связью

$$Z(t) = \varphi(t, Z)$$

Пусть нужно оптимальным образом попасть из точки $(Z_0, 0)$ в точку (Z_1, T), где $Z_1 \in [Z_{\min}, Z_{\max}]$. В качестве функции φ удобно взять опорную траекторию (18), соединяющую начальную и конечную точки. Тогда оптимальное управление с обратной связью будет

$$u_3^*(t_j) = \begin{cases} 0, & Z(t_{j-1} > Z^0(t_{j-1})) \\ Y_i(t_i), & Z(t_{j-1}) \le Z^0(t_{j-1}) \end{cases}, \quad j = 1, 2 \dots T, \tag{29}$$

где Y_i – объем знаний, повторяемый в момент времени t_j. Общий объем повторенного материала

$$Y = \sum_{i=1}^{M} Y_i, \quad Y \in X,$$

где M – число контрольных и самостоятельных работ на повторение пройденного.

4. Математический метод оптимального управления бизнес-процессом обучения на экспортном сетевом курсе

Под сетевым курсом будем понимать комплекс информационного, технического, программного и учебно-методического обеспечения в рамках одной дисциплины, доступный при определенных условиях потребителю образовательных услуг и обеспечивающий обучение с различной степенью погружения в сеть [12]. Обучение на сетевом курсе является одним из видов электронного обучения.

Под экспортным сетевым курсом будем понимать сетевой курс, для которого используются математическая модель (6) и оптимальные управления и траектория, рассчитанные по формулам (14), (28), (7).

Математический метод оптимального управления бизнес-процессом обучения на экспортном сетевом курсе включает следующие этапы.

1. Обучаемые проходят специальное тестирование.
2. По результатам тестирования определяется объем начальных (текущих) знаний для каждого обучаемого по данному предмету.
3. Вычисляются индивидуальные параметры каждого студента: коэффициенты усвоения k_2, k_3 и коэффициент забывания k по формуле (1).
4. Рассчитываются оптимальные программное управление и управление с обратной связью по формулам (14), (28).
5. Строится оптимальная траектория для отдельного обучаемого или группы обучающихся, имеющих сходные коэффициенты усвоения и забывания по формуле (7).

В качестве примера приведем данные педагогического эксперимента, реализованного в Белорусском государственном экономическом университете. В эксперименте участвовали 26 студентов 3-го курса, изучающих предмет «Эконометрика и экономико-математические методы и модели». С помощью специальных тестов были измерены коэффициенты усвоения при самостоятельном обучении k_2 и коэффициенты забывания k для каждого обучаемого. Усредненный коэффициент усвоения при самостоятельном обучении получился равным $k_2 = 0{,}81$, а коэффициент забывания – $k = 0{,}05$.

Рассмотрим теперь, какими будут программное управление, оптимальное управление с обратной связью и оптимальная траектория обучения на экспортном сетевом курсе для иностранного студента с такими коэффициентами усвоения и забывания (начальный объем знаний примем равным 2 часам).

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). Данный процесс можно представить графиком (рисунок 1).

Из данного графика видно, что объем знаний у обучаемого к концу семестра не превышает 10 академических часов, поэтому необходимо подключать управление с обратной связью. Построим траекторию обучения при оптимальном управлении с обратной связью, рассчитанную по формулам (19) – (21). В качестве опорной

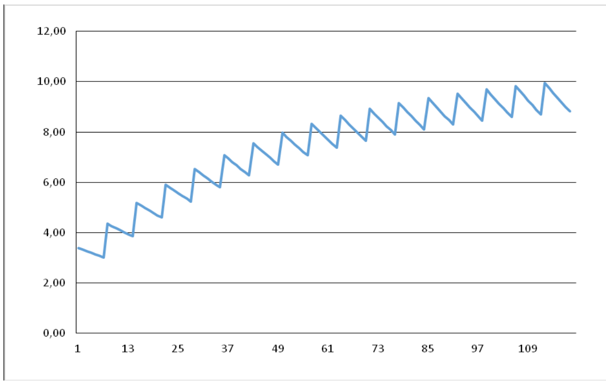

Рисунок 1 – Траектория обучения для равномерного программного управления при коэффициенте усвоения $k_2 = 0{,}81$ и коэффициенте забывания $k = 0{,}05$.

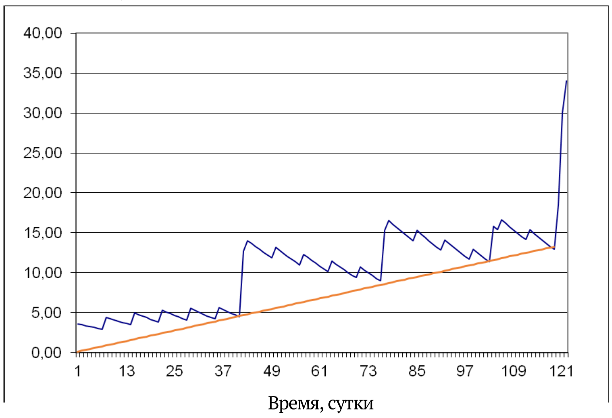

Рисунок 2 – Траектория обучения для оптимального управления с обратной связью при коэффициенте усвоения $k_2 = 0{,}81$ и коэффициенте забывания $k = 0{,}05$ (внизу расположена опорная траектория).

траектории возьмем прямую (18), проведенную от начала координат до точки $(Z(T), T)$, где $T = 199$-й день на 17-й неделе обучения, $Z(T)$ составляет 40 % от общей нагрузки по предмету при программном управлении (рисунок 2).

Как видно из графика на рисунке 2, оптимальное управление с обратной связью включает в себя три коллоквиума (контрольные работы) на повторение пройденного материала: на 7-й неделе – 12 часов, на 12-й неделе – 10 часов, на 15-й неделе – 8 часов. Весь учебный материал повторяется за 3–4 дня перед экзаменом (зачетом). Таким образом, иностранный студент, обучающийся на экспортном сетевом курсе, приходит на экзамен (зачет) полностью подготовленным.

Пусть n иностранных студентов изучают дистанционно офлайн m предметов. Экономический эффект от внедрения экспортного сетевого курса определяется как прибыль Q по формуле:

$$Q = qm - \sum_{j=1}^{m} \text{Затр}_j,$$

где q – оплата, вносимая одним студентом за период обучения,

Затр$_j$ – затраты на экспортный сетевой курс по предмету j. Метод расчета затрат представлен в работе [13].

Обратим внимание на очень важный момент. Метод, описанный выше, может обеспечить приток валюты в страну, т.к. иностранные студенты оплачивают обучение в валюте, а затраты на разработку экспортного сетевого курса исчисляются в белорусских рублях.

Заключение

Математическая модель обучения на основе теории управления 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.

Решены задачи по нахождению оптимального программного управления и управления с обратной связью. Использование этих решений на практике позволит повысить качество обучения и сохранять знания выпускников УВО в долговременном плане при минимальной нагрузке профессорско-преподавательского состава.

На основе предложенных математических методов оптимального управления может быть создана автоматизированная система управления, которая позволит оптимально планировать педагогический процесс.

Методы оптимального управления, приведенные в работе, могут быть использованы руководителями разных уровней для решения аналогичных задач управления.

Математический метод оптимального управления бизнес-процессом обучения на экспортном сетевом курсе позволит повысить прибыльность учреждений образования и обеспечит постоянный приток валюты в страну.

Литература / References

1. Прогнозные показатели экспорта образовательных услуг учреждений высшего образования: приложение 2 к Государственной программе развития высшего образования на 2011–2015 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.government.by/upload/docs/file96ad8f26c520bf40.PDF. – Дата доступа: 23.05.2014.

   Prognoznyye pokazateli eksporta obrazovatelnykh uslug uchrezhdeniy vysshego obrazovaniya: prilozheniye 2 k Gosudarstvennoy programme razvitiya vysshego obrazovaniya na 2011–2015 gody [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.government.by/upload/docs/file96ad8f26c520bf40.PDF. – Date of access: 23.05.2014.

2. Хортон, У. Электронное обучение: инструменты и технологии / У. Хортон, К. Хортон. – М.: Кудиц-образ, 2005. – 638 с.

   Horton, U. Elektronnoye obucheniye: instrumenty i tekhnologii / U. Horton, K. Horton. – M.: Kudits-obraz, 2005. – 638 p.

3. Майер, Р.В. Кибернетическая педагогика: Имитационное моделирование процесса обучения / Р.В. Майер. – Глазов, ГГПИ, 2013. – 138 с.

   Mayer, R.V. Kiberneticheskaya pedagogika: imitatsionnoye modelirovaniye protsessa obucheniya / R.V. Mayer. – Glazov, GGPI, 2013. – 138 p.

4. Добрынина, Н.Ф. Математические модели распространения знаний и управления процессом обучения студентов / Н.Ф. Добрынина // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 7.

   Dobrynina, N.F. Matematicheskiye modeli rasprostraneniya znaniy i upravleniya protsessom obucheniya studentov / N.F. Dobrynina. – Fundamentalnyye issledovaniya. – 2009. – No. 7.

5. Новиков, Д.А. Закономерности итеративного научения / Д.А. Новиков. – М.: Институт проблем управления РАН, 1998. – 77 с.

   Novikov, D.A. Zakonomernosti iterativnogo naucheniya / D.A. Novikov. – M. : Institut problem upravleniya RAN, 1998. – 77 p.

6. Кривые забывания Эббингауза и повторение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.happydoctor.ru/info/92. – Дата доступа: 23.05.2014.

   Krivyye zabyvaniya Ebbingauza i povtoreniye [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.happydoctor.ru/info/92. – Date of access: 23.05.2014.

7. Воронов, А.А. Теория автоматического управления / А.А. Воронов. – М.: Высш. школа, 1986. – 504 с.

   Voronov, A.A. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya / A.A. Voronov. – M.: Vyssh. shkola, 1986. – 504 p.

8. Понтрягин, Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин [и др.]. – М. : Наука, 1969. – 384 с.

   Pontryagin, L.S. Matematicheskaya teoriya optimalnykh protsessov / L.S. Pontryagin [i dr.]. – M. : Nauka, 1969. – 384 p.

9. Кротов, В.Ф. Основы теории оптимального управления / В.Ф. Кротов [и др.]; под ред. В.Ф. Кротова. – М. : Высш. школа, 1990. – 430 с.

   Krotov, V.F. Osnovy teorii optimalnogo upravleniya / V.F. Krotov [i dr.]; pod red. V.F. Krotova. – M.: Vyssh. shkola, 1990. – 430 p.

10. Чаки, Ф. Современная теория управления. Нелинейные, оптимальные и адаптивные системы : пер. с англ. / Ф. Чаки. – М. : Мир, 1975. – 420 с.

Chaki, F. Sovremennaya teoriya upravleniya. Nelineynyye, optimalnyye i adaptivnyye sistemy : per. s angl. / F. Chaki. – M. : Mir, 1975. – 420 p.

11. Пантелеев, А.В. Теория управления в примерах и задачах / А.В. Пантелеев. – М. : Высш. школа, 2003. – 382 с.

Panteleyev, A.V. Teoriya upravleniya v primerakh i zadachakh / A.V. Panteleyev. – M. : Vyssh. shkola, 2003. – 382 p.

12. Морозевич, А.Н. Вариативное решение сетевого курса / А.Н. Морозевич [и др.] // Информатизация образования. – 2003. – № 4. – С. 75–81.

Morozevich, A.N. Variativnoye resheniye setevogo kursa / A.N. Morozevich [i dr.] // Informatizatsiya obrazovaniya. – 2003. – No. 4. – P. 75–81.

13. Асанович, В.Я. Математический метод оптимального управления экспортом образовательных услуг / В.Я. Асанович, С.Я. Жукович // Инновационные образовательные технологии. – 2014. – № 2. – С. 45–51.

Asanovich, V.Ya. Matematicheskiy metod optimalnogo upravleniya eksportom obrazovatelnykh uslug / V.Ya. Asanovich, S.Ya. Zhukovich // Innovatsionnyye obrazovatelnyye tekhnologii. – 2014. – No. 2. – P. 45–51.