

УДК 378.14

DOI 10.26118/2192.2026.35.39.009

Ганичева Антонина Валериановна

Тверская государственная сельскохозяйственная академия

Ганичев Алексей Валерианович

Тверской государственный технический университет

Моделирование устойчивого развития образовательного процесса высшего учебного заведения

Аннотация. Концепция устойчивого развития охватывает и определяет в настоящее время многие сферы жизни общества. Она включает экономический, социальный, экологический и управленческий аспекты. Важным направлением управленческого аспекта является устойчивое развитие образовательного процесса высшего учебного заведения. Образовательный процесс в вузе реализуется в сложной многоуровневой системе, в которой сталкиваются интересы многих взаимодействующих коллективов, групп, субъектов. Наиболее удобным методом исследования такой системы является математическое моделирование. В результате взаимодействия взгляды субъектов учебного процесса меняются. Происходит динамический процесс изменения типологии учащихся. Такой процесс описывается моделью системной динамики, разработанной в данной статье. Рассмотрен пример описания учебной группы, состоящей из трех типов обучаемых по уровню усвоения знаний. Аналогично может быть построена модель для большего количества типов учащихся.

Ключевые слова: концепция, знания, навыки, цель, принятие решений, модель системной динамики, коэффициенты воздействия

Ganicheva Antonina Valerianovna

Tver State Agricultural Academy

Ganichev Alexey Valerianovich

Tver State Technical University

Modeling the sustainable development of the educational process of a higher educational institution

Abstract. The concept of sustainable development encompasses and currently defines many areas of society. It includes economic, social, environmental and management aspects. An important direction of the managerial aspect is the sustainable development of the educational process of a higher educational institution. The educational process at the university is implemented in a complex multi-level system, in which the interests of many interacting teams, groups, subjects collide. The most convenient method of studying such a system is mathematical modeling. As a result of the interaction, the views of the subjects of the educational process change. There is a dynamic process of changing the typology of students. This process is described by the system dynamics model developed in this article. An example of a description of a training group consisting of three types of trainees by the level of knowledge acquisition is considered. Similarly, a model can be built for more types of learners.

Keywords: concept, knowledge, skills, goal, decision making, system dynamics model, impact coefficients

Введение

В настоящее время понятие «устойчивое развитие» используется при решении многих проблем в экономике, социологии, экологии. Согласно концепции «устойчивого

развития» изменение экономической, социальной и экологической обстановок происходят согласованно между собой, при этом соблюдается баланс между ними (принципы ESG).

Проблемами устойчивого развития образовательного процесса в вузе занимались многие исследователи.

В работе [4] отмечается, что в настоящее время актуальными задачами вузов становятся разработка и внедрение программ устойчивого развития. Ключевые направления «успешной» образовательной организации и влияющие на это факторы показаны в работах [5, 6]. Статья [2] посвящена анализу опыта сетевого взаимодействия зарубежных и российских университетов в сфере устойчивого развития. Автор работы [8] считает, что на данный момент в России процесс перехода вузов к устойчивости недостаточен, хотя имеется положительная динамика. В работе [1] рассмотрено совершенствование системы управления цифровой инфраструктурой университета.

Образовательный процесс в вузе является многосубъектной структурой [7], поэтому для его исследования наиболее удобен метод моделирования.

Пример модели системной динамики процесса обучения показан в работе [3].

Целью данной статьи является описание целей и задач процесса устойчивого развития образовательного процесса в вузе, а также разработка математической модели данного процесса.

1. Устойчивое развитие образовательного процесса в вузе

Под устойчивым развитием образовательного процесса в вузе понимается использование принципов ESG в учебных программах, методах преподавания, организационной структуре образовательных организаций и системе управления. Требования концепции устойчивого развития способствует формированию у студентов соответствующих междисциплинарных компетенций для решения глобальных проблем жизни общества, способность принимать обоснованные решения в сложных ситуациях. Основные положения концепции устойчивого развития должны учитываться при внедрении цифровых технологий в учебный процесс, формировании образовательной среды, освоении цифровых технологий в будущей профессиональной деятельности.

Перечислим основные цели устойчивого развития образовательного процесса в вузе:

- 1) формирование у студентов системы знаний, умений, навыков и социальных ценностей с учетом концепции устойчивого развития;
- 2) использование в учебном процессе примеров и практических задач принятия решений по актуальным вызовам, проблемам и угрозам современности;
- 3) повышение квалификации и переподготовки преподавателей с учетом положений концепции;
- 4) внедрение концепции устойчивого развития в научно-исследовательскую и воспитательную деятельность вуза;
- 5) привлечение преподавателей и студентов к проектам по решению конкретных проблем устойчивого развития в экономике, социологии, экологии.

Для реализации данных целей решаются следующие задачи:

- 1) использование принципов концепции устойчивого развития на всех уровнях системы образования в вузе (бакалавриат, магистратура и аспирантура, а также курсы дополнительного образования);
- 2) настраивать программы учебных курсов и содержание учебных материалов на применение концепции устойчивого развития;
- 3) включать в программу преподавательских и студенческих конференций тематику по устойчивому развитию.

Образовательный процесс в вузе реализуется в сложной многоуровневой системе. Рассмотрим устойчивость процесса обучения на примере моделирования устойчивого развития учебной группы.

2. Модель системной динамики процесса устойчивого развития обучения в вузе

Рассмотрим моделирование динамики процесса обучения на следующем примере.

Пусть в учебную группу по уровню усвоения знаний входят три типа обучаемых:

1) хорошо обучаемые; 2) средне обучаемые; 3) плохо обучаемые.

В течение времени типы обучаемых студентов изменяются из-за влияния учащихся других типов, т.е. имеется динамика процесса обучения. Каждый тип учащихся при воздействии на учащихся других типов заставляет их обрести такой же тип, как и у него. Сила такого воздействия определяется коэффициентами влияния, а также численностями обучаемых каждого типа. Увеличение количества учащихся данного типа увеличивает силу их воздействия на обучаемых других типов.

Примем обозначения:

$N_1(0)$, $N_2(0)$, $N_3(0)$ – начальное количество обучаемых студентов первого, второго и третьего типов;

$N_1(t)$, $N_2(t)$, $N_3(t)$ – количество учащихся в динамике;

$\alpha_{12}(t)$, $\alpha_{13}(t)$ – коэффициенты воздействия обучаемых студентов первого типа на обучаемых студентов второго и третьего типов;

$\alpha_{21}(t)$, $\alpha_{23}(t)$ – коэффициенты воздействия обучаемых студентов второго типа на учащихся первого и третьего типов;

$\alpha_{31}(t)$, $\alpha_{32}(t)$ – коэффициенты воздействия обучаемых студентов третьего типа на учащихся первого и второго типов;

$t = \overline{0, T}$ – время наблюдения.

Модель системной динамики процесса устойчивого развития обучения в вузе записывается следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dN_1(t)}{dt} = \frac{\alpha_{12}(t) \cdot N_2(0)}{N_2(t)} + \frac{\alpha_{13}(t) \cdot N_3(0)}{N_3(t)} - \frac{\alpha_{21}(t) \cdot N_1(0)}{N_1(t)} - \frac{\alpha_{31}(t) \cdot N_1(0)}{N_1(t)}, \\ \frac{dN_2(t)}{dt} = \frac{\alpha_{21}(t) \cdot N_1(0)}{N_1(t)} + \frac{\alpha_{23}(t) \cdot N_3(0)}{N_3(t)} - \frac{\alpha_{12}(t) \cdot N_2(0)}{N_2(t)} - \frac{\alpha_{32}(t) \cdot N_2(0)}{N_2(t)}, \\ \frac{dN_3(t)}{dt} = \frac{\alpha_{31}(t) \cdot N_1(0)}{N_1(t)} + \frac{\alpha_{32}(t) \cdot N_2(0)}{N_2(t)} - \frac{\alpha_{13}(t) \cdot N_3(0)}{N_3(t)} - \frac{\alpha_{23}(t) \cdot N_3(0)}{N_3(t)}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Поясним коэффициенты воздействия. Положим в первом уравнении системы (1) все коэффициенты, кроме коэффициента $\alpha_{12}(t)$, равными нулю. Получим:

$$\alpha_{12}(t) = \frac{N_1'(t)}{N_2(0) / N_2(t)}. \quad \text{Данный коэффициент показывает относительную скорость}$$

изменения численности обучаемых первого типа при отсутствии воздействия на этот тип учащихся двух других типов, а также отсутствия воздействия студентов первого типа на студентов третьего типа. Аналогично определяются остальные коэффициенты воздействия.

Рассмотрим случай, когда:

$$\alpha_{13}(t) = m_1 \cdot N_1(t) \cdot N_3(t), \quad \text{где } m_1 = \text{const}.$$

Коэффициент воздействия учащихся первого типа на учащихся третьего типа прямо пропорционален в каждый момент времени их численности.

Аналогично определяются другие коэффициенты воздействия:

$$\begin{aligned}\alpha_{12}(t) &= m_2 \cdot N_1(t) \cdot N_2(t), & \alpha_{21}(t) &= m_3 \cdot N_1(t) \cdot N_2(t), \\ \alpha_{31}(t) &= m_4 \cdot N_1(t) \cdot N_3(t), \\ \alpha_{23}(t) &= m_5 \cdot N_2(t) \cdot N_3(t), & \alpha_{32}(t) &= m_6 \cdot N_2(t) \cdot N_3(t).\end{aligned}$$

В этих соотношениях m_i ($i = \overline{2, 5}$) - заданные числовые коэффициенты.

Примем следующие обозначения:

$$x = N_1(t), \quad y = N_2(t), \quad z = N_3(t).$$

В этом случае система (1) преобразуется к виду:

$$(2) \quad \begin{cases} \frac{dx}{dt} = m_1 \cdot N_1(t) \cdot N_2(0) + m_2 \cdot N_1(t) \cdot N_3(0) - m_3 \cdot N_1(0) \cdot N_2(t) - m_4 \cdot N_1(0) \cdot N_3(t), \\ \frac{dy}{dt} = m_3 \cdot N_1(0) \cdot N_2(t) + m_5 \cdot N_3(0) \cdot N_2(t) - m_2 \cdot N_1(t) \cdot N_2(0) - m_6 \cdot N_2(0) \cdot N_3(t), \\ \frac{dz}{dt} = m_4 \cdot N_1(0) \cdot N_3(t) + m_6 \cdot N_2(0) \cdot N_3(t) - m_1 \cdot N_1(t) \cdot N_3(0) - m_5 \cdot N_3(0) \cdot N_2(t). \end{cases}$$

Примем следующие обозначения:

$$\begin{aligned}m_1 \cdot N_3(0) + m_2 \cdot N_2(0) &= u_1, & m_3 \cdot N_1(0) &= u_2, & m_4 \cdot N_1(0) &= u_3, \\ m_2 \cdot N_2(0) &= v_1, & m_3 \cdot N_1(0) + m_5 \cdot N_3(0) &= v_2, & m_6 \cdot N_2(0) &= v_3, \\ m_1 \cdot N_3(0) &= w_1, & m_5 \cdot N_2(0) &= w_2, & m_4 \cdot N_1(0) + m_6 \cdot N_2(0) &= w_3.\end{aligned}$$

В этом случае система (2) будет иметь вид:

$$(3) \quad \begin{cases} \frac{dx}{dt} = u_1 \cdot x - u_2 \cdot y - u_3 \cdot z, \\ \frac{dy}{dt} = -v_1 \cdot x + v_2 \cdot y - v_3 \cdot z, \\ \frac{dz}{dt} = -w_1 \cdot x - w_2 \cdot y + w_3 \cdot z. \end{cases}$$

Получаем линейную однородную систему дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

Находим корни характеристического уравнения: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$.

Для устойчивого развития процесса обучения эти корни должны быть действительными и различными.

Корню λ_k ($k = \overline{1, 3}$) соответствует собственный вектор (p_{1k}, p_{2k}, p_{3k}) .

Имеем три решения системы (3):

$$\begin{aligned}x_{11} &= p_{11} \cdot e^{\lambda_1 t}, & x_{21} &= p_{21} \cdot e^{\lambda_1 t}, & x_{31} &= p_{31} \cdot e^{\lambda_1 t}, \\ x_{12} &= p_{12} \cdot e^{\lambda_2 t}, & x_{22} &= p_{22} \cdot e^{\lambda_2 t}, & x_{32} &= p_{32} \cdot e^{\lambda_2 t}, \\ x_{13} &= p_{13} \cdot e^{\lambda_3 t}, & x_{23} &= p_{23} \cdot e^{\lambda_3 t}, & x_{33} &= p_{33} \cdot e^{\lambda_3 t}.\end{aligned}$$

Тогда общее решение системы (3) с учетом принятых допущений запишется в виде:

$$(4) \quad \begin{cases} x = D_1 \cdot x_{11} + D_2 \cdot x_{12} + D_3 \cdot x_{13}, \\ y = D_1 \cdot x_{21} + D_2 \cdot x_{22} + D_3 \cdot x_{23}, \\ z = D_1 \cdot x_{31} + D_2 \cdot x_{32} + D_3 \cdot x_{33}. \end{cases}$$

В системе (4) D_1, D_2, D_3 – постоянные величины, которые находятся из ее решения при заданных начальных условиях.

Для устойчивого развития необходимо, чтобы выполнялось неравенство:

$$N_1(t) + N_2(t) > N_3(t).$$

Заключение

В статье рассмотрены цели и сформулированы задачи устойчивого развития образовательного процесса в вузе. Показано применение метода математического моделирования для исследования динамических процессов в учебной группе, состоящей из трех типов обучаемых по уровню усвоения знаний. Аналогично может быть построена модель для большего количества типов учащихся.

Список источников

1. Азаров А.А., Бродовская Е.В., Лукушин В.А. Совершенствование системы управления цифровой инфраструктурой университета: практика сетевого анализа // Высшее образование в России. - 2023. - № 2. С. - 61-79.

2. Гаврильева Т.Н. [Устойчивое развитие университетов: мировые и российские практики / Т.Н. Гаврильева и [др], // Высшее образование в России. - 2018. - Т. 27. - №7. - С. 52-65.

3. Ганичева А.В., Ганичев А.В. Модель системной динамики процесса обучения // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2019. - Т. 7. - № 1 (24). - С. 459-469.

4. Караева А.П., М. Р. Чащин М.Р., Магарил Е.Р. Внедрение принципов устойчивого развития в университетах как фактор повышения эколого-экономической безопасности // Journal of Applied Economic Research. - 2021. - Том 20. - № 4. - С. 701-725.

5. Митрофанова И.П., Алексеева А.С., Хурцидзе М.Х. Мониторинг развития структур высшего образовательного учреждения с позиции модели устойчивого развития EFQM 2020 // Современный ученый. - 2025. - № 1. - С. 254-265. - DOI: 10.58224/2541-8459-2025-1-254-265.

6. Харламова Е.Е., Шуляк А.В. Теория и методология устойчивого развития образовательной организации высшего образования // Социальные и экономические системы. - 2022. - № 2 (26). - С. 152-169.

7. Шавардова Е.Ю. Моделирование образовательной среды заведения высшего образования // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. - 2022. - Том 8 (74).- № 4. - С. 113-121.

8. Шлентова А.А. Опыт внедрения принципов устойчивого развития в образовательный процесс на примере вузов // Управление культурой. - 2024.- № 2 (10).

Сведения об авторах

Ганичева Антонина Валериановна, профессор, Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь, Россия

Ганичев Алексей Валерианович, старший преподаватель, Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия

Information about the authors

Ganicheva Antonina Valerianovna, Professor, Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia

Ganichev Alexey Valerianovich, Senior Lecturer, Tver State Technical University, Tver, Russia