$$g_7 = g_5 = g_3; \quad g_4 = g_6 = g_2;$$
$$(\varepsilon_t \tau_2)' = \lambda_{t,2}\tau_5, \quad (\mu_t \tau_5)' = \lambda_{t,5}\tau_2, \quad \tau_7 = \tau_6 = \tau_5; \quad \tau_3 = \tau_4 = \tau_2;$$
$$\kappa_7\lambda_{y,3}\varsigma_5 + \kappa_7\varsigma_6' + \kappa_2\lambda_{t,2}\varepsilon_z\varsigma_2 = 0, \lambda_{x,4}\mu_z\,\varsigma_7 + \lambda_{y,2}\mu_z\varsigma_6 - (\mu_z\varsigma_5)' = 0,$$
$$-\kappa_7\lambda_{x,2}\varsigma_6 + \kappa_7\lambda_{y,3}\varsigma_7 - \kappa_2\lambda_{t,2}\varepsilon_z\varsigma_4 = 0, \quad -\kappa_7\lambda_{x,2}\,\varsigma_5 - \kappa_7\,(\varsigma_7)' + \kappa_2\lambda_{t,2}\varepsilon_z\varsigma_3 = 0,$$
$$\kappa_2\lambda_{x,4}\varsigma_4 + \kappa_2\,(\varsigma_2)' + \kappa_7\lambda_{t,5}\mu_z\varsigma_6 = 0, -\kappa_2\lambda_{x,4}\varsigma_3 + \kappa_2\lambda_{y,2}\varsigma_2 + \kappa_7\lambda_{t,5}\mu_z\varsigma_5 = 0,$$
$$\lambda_{x,2}\varepsilon_z\varsigma_2 + \lambda_{y,3}\varepsilon_z\varsigma_3 - (\varepsilon_z\varsigma_4)' = 0, \quad -\kappa_2\lambda_{y,2}\varsigma_4 - \kappa_2\,(\varsigma_3)' + \kappa_7\lambda_{t,5}\mu_z(z)\varsigma_7(z) = 0.$$

В случае рассмотрения среды $\mu_z(z) = \mu_t(t) = 1$, $\varepsilon_z(z) = 1$, $\varepsilon_t(t) = \sin(\Omega_t t)$ зависимость компонент поля от времени будет определяться функциями вида

$$\tau_5(t) = c_{11}\,\mathrm{Heun}\,G\left(2, -\delta_t\Omega_t^2, 0, 1, 1/2, 1, \sqrt{\sin^2(\Omega_t t)} + 1\right) +$$
$$+ c_{12} i \left(\sqrt{\sin^2(\Omega_t t)} - 1\right)^{3/4} \left(\sqrt{\sin^2(\Omega_t t)} + 1\right)^{1/4} \times$$
$$\times \left(\sqrt{\cos(\Omega_t t)}\,\mathrm{Heun}\,G\left(2, \frac{-4\delta_t + 5\Omega_t^2}{4\Omega_t^2}, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{3}{2}, 1, \sqrt{\sin^2(\Omega_t t)} + 1\right)\right)^{-1}.$$

Приведенное решение получено впервые.

Библиографические ссылки

1. *Андрушкевич И. Е.* О матричной формулировке уравнений Максвелла в неоднородных изотропных средах // Весцi НАН Беларусi. Сер. фiз.-мат. навук. 2008. № 1. С. 60–66.

2. *Андрушкевич И. Е., Шиенок Ю В.* Сведение системы уравнений Максвелла к системе обыкновенных дифференциальных уравнений // Весцi НАН Беларусi. Сер. фiз.-мат. навук. 2014. № 4. С. 44–53.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

Н. В. Бровка

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
n_br@mail.ru

Описаны способы организации содержания обучения математическому анализу с использованием элементов семантического и аналитико-процедурного моделирования, которое отражает смысловые и аналитико-вычислительные особенности изучаемых понятий, свойств и методов.

Программа подготовки студентов математических специальностей в классических университетах включает представительный перечень фундаментальных математических дисциплин, которые, как правило, изучаются на первом-втором курсах. Содержание таких дисциплин, как математический анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения, дифференциальная геометрия и др. составляет ядро математической науки и является базисом университетской образовательной подготовки.

Соотнесение инвариантного математического ядра с методами, подходами инженерии знаний как методологией развития информационных технологий и программного обеспечения является одним из путей трансформации образовательной подготовки студентов математических специальностей в классическом университете [1]. Получившая начало еще в 1970-х гг. благодаря усилиям Эдварда Фейгенбаума область, связанная с поиском, анализом, способами представления и методами организации и обработки сведений в некоторой предметной области, стала методологией, теорией и сферой деятельности, называемой «инженерией знаний» [2]. Речь идет о деятельности, выполняемой человеком либо компьютером, которая касается организации специального экспертного знания из некоторой проблемной области. В инженерии знаний база знаний трактуется как семантическая модель, описывающая предметную область и позволяющая отвечать на такие вопросы из этой предметной области, ответы на которые в явном виде не присутствуют в базе.

В образовании знания представляют собой результат мыслительной деятельности человека, направленной на актуализацию знаний (как освоенной информации и методов работы с ней), на развитие навыков и компетенций, обогащение и обобщение опыта. В практике обучения студентов математическому анализу мы используем элементы моделирования содержания, связанные с выявлением ключевых, повторяющихся применительно к разным математическим объектам свойств или отношений и с разработкой шаблонов (фреймов) типовых заданий и их комбинаций с рандомной генерацией входящих параметров [3].

Семантическое моделирование применяется в отношении символьных записей формулировок свойств критериев или признаков (непрерывности, сходимости, дифференцируемости и др.), которые в курсе математического анализа повторяются применительно к различным математическим объектам-функциям одной и многих переменных, рядам, интегралам, зависящим от параметра.

Аналитико-процедурное моделирование состоит в разработке шаблонов (фреймов) заданий, которые включают ряд параметров, в зависимости от которых для выполнения задания необходимо применить тот или иной метод, критерий или признак и реализуются средствами Volfram Mathematica. Выполнение таких заданий направлено на развитие умения анализировать представленную задачу с целью установления того, какой метод решения или исследования будет оптимальным, а далее выбора подходящей ориентировочной основы действий для его решения. Количество параметров в заданиях увеличивается по мере усложнения заданий. Такая организация содержания обучения состоит в комплексном использовании символьно-семантической и графической наглядности в сочетании с аналитико-алгоритмической деятельностью, включает выявление характеристик, которые отражают существенные связи и свойства математических объектов, переключает студентов с созерцательно-репродуктивной на активно-деятельностную позицию.

Библиографические ссылки

1. *Kallia M., van Borkulo S. P., Drijvers P., Barendsen E., Tolboom J.* Characterising computational thinking in mathematics education: a literature-informed Delphi study // Research in Mathematics Education. 2020. № 3. P. 159–187.

2. *Баррат Д.* Последнее изобретение человечества: искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens. М., 2015.

3. *Бровка Н. В.* Об инженерии знаний и обучении студентов механико-математических специальностей // Университетский педагогический журнал. 2022. № 1. С. 3–8.