

И. И. Нараленкова (Москва, СУНЦ МГУ). **Проблема методического обеспечения педагогов средней школы материалами по математическому моделированию.**

УДК 531.091

Резюме: В статье рассматривается проблема отсутствия методического обеспечения школ и школьных учителей, готовящих учащихся к различным конкурсам по математическому моделированию в комплексе с проблемой институционального закрепления в школьных учебных программах математического моделирования; в качестве одного из примеров решения проблемы обеспечения школьников и учителей необходимыми материалами представлен опыт работы СУНЦ МГУ как инновационной площадки, на которой популяризуется инженерно-математическое направление и аккумулируются методические материалы; в качестве иллюстративного методического материала приведены примеры различных конкурсных задач, в разные годы предложенные участникам турнира по матмоделированию.

Ключевые слова: IMMC — International Mathematical Modeling Challenge, TMM — Турнир по математическому моделированию в СУНЦ, математическое моделирование в средней школе.

Математическое моделирование, как комплексная практикоориентированная методология, направленная на решения задач в различных областях науки, инженерии, бизнеса и хозяйственной деятельности, — это важнейший базовый навык специалистов XXI в. в различных областях человеческой деятельности. Несмотря на то что некоторых странах математическое моделирование уже вошло в школьную программу, в России до сих пор вопрос институционального закрепления в учебных программах данной дисциплины не решен. Российское образовательное сообщество как среднего, так и высшего звена осознает необходимость развития междисциплинарного и практикоориентированного подхода, однако в подавляющем своем большинстве, особенно на уровне школьных учителей, не обладает ни необходимыми знаниями и навыками, ни методическими материалами для работы в этом направлении.

Одним из путей решения этой проблемы является создание «точек роста», инновационных площадок, популяризирующих инженерно-математическое направление и аккумулирующих методические материалы. Среди мероприятий по математическому моделированию среди школьников, организованных СУНЦ МГУ, отметим прежде всего (международный конкурс International Mathematical Modeling Challenge (IMMC), Турнир по математическому моделированию в СУНЦ), а также различные конференции, на которых происходит активный обмен опытом и методической информацией.

Турниры по математическому моделированию для школьников проходят в СУНЦ МГУ с 2018 г. За это время популярность турниров постоянно растет, количество участников увеличивается год от года. В рамках турнира Традиционно проходит 4 соревнования: конкурс оптимизационных задач (Коза), Конкурс по математическому моделированию (Мамонт), Олимпиада «Математическая реальность» (ОМаР), Олимпиада по прикладной математике (ПриМат). Кроме того, как уже было отмечено, СУНЦ МГУ организует участие российских школьников в международном дистанционном конкурсе International Mathematical Modeling Challenge (IMMC), впервые прове-

денном в 2015 году, а в настоящее время охватившем уже 30 стран, выставивших 55 команд.

Очевидно, что интерес к математическому моделированию, к участию в различных конкурсах по данному направлению растет в нашей стране. Однако, повторим, в настоящий момент реализация проектов, связанных с математическим моделированием для школьников — это дело энтузиастов: преимущественно школьных учителей и вузовских преподавателей. Соответственно поэтому различных методических материалов, в частности, для подготовки к конкурсам высокого международного уровня не решен. Как отмечают все учителя, «методических материалов катастрофически не хватает». Справедливости ради стоит отметить, что на сайте ИММС опубликованы все задания и лучшие работы. Казалось бы, материалы есть. Однако эти работы представлены на английском языке, что, безусловно, осложняет работу многих школьников и преподавателей.

Понимая всю серьезность данной организационно-методической проблемы, представители СЦ МГУ в качестве организаторов инновационной площадки по математическому моделированию взяли на себя инициативу по решению обозначенной проблемы. Тем более, что организаторы осуществляют постоянную методическую рефлексию как проведенных мероприятий, конкурсных задач и решений, предложенных школьниками, предложений участников Турнира. В результате методической рефлексии организаторов появилось значительно более ясное представление о том, какие дополнительные разделы математики и информатики стоит изучить, о том, как готовиться к участию в соревнованиях. Теперь материалы Турнира выложены на сайте СУИЦ МГУ и могут быть использованы в качестве полноценного методического материала, в качестве демонстрационных версий. Стоит отметить, что составление задач для Турнира, которые, пройдя конкурсную апробацию, в дальнейшем становятся методическим материалом для подготовки к следующим Турнирам и для развивающих занятий по математическому моделированию в школах, — это важнейшая и серьезнейшая методическая проблема. В разработке задач принимают участие крупные корпорации, научно-методические коллективы, отдельные ученые. Для иллюстрации как значимости проблемы, так и ее организационно-методического решения приведем несколько примеров конкурсных задач.

Задача, предложенная в 2020 году м. н. с. Зоологического музея биологического факультета МГУ, к. б. н., ассистентом кафедры биологии СУИЦ МГУ Галояном Эдуардом Арташесовичем вызвала большой интерес у участников. Пред школьниками была поставлена задача — разработать критерии, позволяющие оптимальным образом предсказать биологический вид и пол ящериц. Эти критерии должны быть сравнительно простыми и наглядными, т. е. реалистично вычисляемыми биологом в полевых условиях с использованием, в лучшем случае, инженерного калькулятора. Необходимость таких критериев обусловлена тем, что многие близкородственные виды живых существ довольно трудно отличить друг от друга по общему внешнему виду и биологам приходится полагаться на комплексы измеримых признаков. Участники получили массив реальных данных, содержащий измерения 564 ящериц, принадлежащих к восьми видам рода *Darevskia*. Измерения содержали подсчет количества чешуй на разных частях тела ящериц (признаки фolidоза) и измерения некоторых линейных размеров ящериц (морфометрические признаки). Для каждой ящерицы был указан условный номер её биологического вида и пол. Решения, имеющие вид программного «чёрного ящика» (например, классификатор на основе искусственных нейронных сетей или любая другая «закрытая» программа, не объясняющая своей «внутренней логики») не принимались. Команда-победительница — из школы «Летово» привела понятный алгоритм, позволяющий как можно точнее определять вид ящерицы из рода *Darevskia* с помощью измеряемых морфометрических и фolidозных признаков. Команда воспользовалась методом логистической регрессии и методом градиентного спуска. В языке программирования Python логистическая регрессия реализована в модуле `linear_model`

библиотеки sklearn.

Хотелось бы отметить, что в разработке конкурсных заданий принимают участие и крупные корпорации, так например, 2018 г. задание главного конкурса «Калибровка акселерометров» было представлено компанией Huawei. Участники получили задание — на основе предоставленных наборов данных калибровки найти формулы, позволяющие вычислить ожидаемые показания реальных (имеющих дефекты) акселерометров, если задано положение в пространстве их корпуса. Это задание необходимо было выполнить для трех случаев возрастающей сложности. Необходимость вычисления формул обусловлена тем, что при изготовлении миниатюрных акселерометров, выполняющих различные функции в современных умных электронных устройствах (навигатор, шагомер и пр.) невозможно полностью избежать дефектов. Дефекты датчиков приводят к таким ошибкам показаний, как систематический сдвиг всех показаний на определенную величину и их пропорциональное изменение. Чтобы выяснить, как именно данный акселерометр искажает свои показания, и произвести цифровую коррекцию этих искажений, проводят процедуру его калибровки.

Команда-победительница 9-го класса из Москвы вывела формулы для вычисления ожидаемых показаний реальных (имеющих дефекты) акселерометров при заданном положении их корпуса и формулы расчета показаний при заданном местоположении акселерометров и посчитала среднеквадратичные отклонения.

На турнире в 2019 г. задание было предложено ПАО Сбербанк. После ознакомления участников Турнира с основами банковского бизнеса и объяснения им ряда необходимых для решения задачи терминов («ставки по вкладам», «процентный риск», RWA, «неттирование») перед ними поставили задачу — разделить предоставленный портфель контрактов на корректные «группы неттирования», минимизирующие значение RWA (т.е. из различных возможных разделений портфеля на группы нужно выбрать дающее наименьшее значение RWA).

Команда из Новосибирска, победившая в Турнире, предложила 3 модели для минимизации RWA; командой был произведен анализ и сравнение моделей, найден максимальный и минимальный RWA. Программы написаны в C++. Статья и численные результаты выложены на сайте Турнира.

Основной акцент в самих заданиях делается на процессе построения математической модели, поиске и обработке данных, обосновании выбора учитываемых факторов и пренебрежении остальными, выборе математического аппарата. Как правило, создание математической модели требует сочетания знаний и умений из разных областей — естественных наук, информатики и, конечно, математики, поэтому работы по моделированию обычно выполняются командами учащихся. Учащиеся со склонностью, интересом, талантом к математике, но лишенные «спортивного» характера, необходимого для успешного участия в олимпиадах, получают возможность проявить себя в альтернативной деятельности.

С учетом междисциплинарного характера работ и новизны тематики для участников проблема обеспечения педагогов методическим материалом для подготовки к турнирам по математическому моделированию для школьников является достаточно актуальной. Благодаря активной деятельности СУНЦ МГУ в проведении Турниров, в разработке заданий, в проверке и рецензировании конкурсных работ, в научно-методической рефлексии и аккумуляции конкурсных заданий на сайте Турнира решение данной проблемы приобрело реальные очертания. СУНЦ МГУ как инновационная площадка будет продолжать развивать данное направление своей деятельности, однако для ускорения решения проблемы методического обеспечения школьных учителей методическими материалами необходимо решать проблему введения математического моделирования в ранг школьной дисциплины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Keng Cheng Ang* Mathematical Modelling for Teachers: Resources, Pedagogy and Practice. Abingdon – N. Y.: Routledge/Taylor Francis, 2018, 182 p.
2. *Макаренко М. Д.* Образовательный туризм и математическое моделирование. — Информатика в школе, 2020, № 5 (158), с. 12–18. // *Makarenko M. D.* Educational tourism and mathematical modeling. — Informatics in School, 2020, № 5 (158), p. 12–18. (In Russian.)

UDC 330.46

Naralenkova I. I.* (Moscow, Lomonosov Moscow State University). **The problem of methodological provision of secondary school teachers with materials on mathematical modeling*

Abstract: The article considers several issues in mathematical modeling education. One of them is lack of the methodical support to schools and school teachers preparing students to different mathematical modeling tournaments. Another problem concerns school curriculums that do not include mathematical modeling. Being an innovation platform AESC MSU might share experience in popularizing engineering mathematics as well as accumulated methodical materials. Experience presented in the article might be useful as one of possible solutions to the problems discussed. The author shares various tasks proposed to the participants of the mathematical modeling tournament to illustrate the expressed ideas.

Keywords: Keyword: AESC MSU — Kolmogorov boarding school, IMMC — International Mathematical Modeling Challenge, TMM — Tournament on mathematical modeling, mathematical modeling education.