

УДК 37.012:007

Исследование взаимодействия компаний в сфере EdTech услуг в России

Шалаева А. А., Мамедова Т. Ф., Лапшина А. А.

Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва

Аннотация: В данной работе исследуется взаимодействие наиболее популярных компаний по предоставлению образовательных услуг на территории России. Для проведения исследования выбраны три наиболее динамически развивающиеся компании в сфере EdTech технологий и проанализированы основные показатели данных компаний за последние десять лет. Расчет коэффициентов в модели производился модифицированным взвешенным методом наименьших квадратов и методом Левенберга – Марквардта. Полученные результаты позволяют сделать вывод о взаимодействии исследуемых компаний на текущий момент и развитие их взаимоотношений в будущем.

Ключевые слова: модель «хищник-жертва», моделирование, онлайн-образование, компьютерные технологии.

В данное время происходит значительный рост EdTech (от англ. education — «образование» и technology — «технологии») – проектов в области образовательных технологий. Появилось значительное количество онлайн-школ, повысилась конкуренция, возросло качество и контентная составляющая, появилось много новинок в данной сфере, включая все уровни образования: школьный, вузовский и дополнительное онлайн-образование. За основу взяты исследования внутри компаний и официальные данные [1].

Для выявления факторов, влияющих на выживаемость онлайн-школ, была проанализирована деятельность нескольких крупнейших онлайн-школ по подготовке школьных предметов в России за последние пять лет. Для более детального анализа, с учетом прогнозирования была составлена динамическая модель «хищник-жертва», которая на данный момент продолжает совершенствоваться, в частности, в экономических исследованиях и позволяет адекватно описать взаимодействие рынка EdTech компаний в России. Расчет коэффициентов в модели производился модифицированным взвешенным методом наименьших квадратов и методом Левенберга-Марквардта [2, 3].

Рассмотрим систему следующего вида :

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = a_1x_1 - b_1x_1^2 - c_{12}x_1x_2 - c_{13}x_1x_3 \\ \frac{dx_2}{dt} = a_2x_2 - b_2x_2^2 - c_{21}x_2x_1 - c_{23}x_2x_3 \\ \frac{dx_3}{dt} = a_3x_3 - b_3x_3^2 - c_{31}x_3x_1 - c_{32}x_3x_2 \end{cases} \quad (1)$$

где x_i – чистая прибыль компании, a_i – коэффициенты рождаемости новых компаний, b_i – коэффициент смертности «ликвидации», c_{ij} – коэффициент взаимодействия компании вида i и j , $i = \overline{1, 3}$, $j = \overline{1, 3}$. c_{ij} – коэффициенты влияния i -ой компании, на j -ю. Знак коэффициента (c_{ij} ; c_{ji}) имеет свое значение, зависящее от типа взаимо-

действия, иначе говоря данные коэффициенты дают дополнительную информацию о взаимодействиях групп друг с другом (таблица 1).

Таблица 1. Показатели коэффициентов взаимодействия между группами

Тип взаимодействия на рынке труда	Влияние i -го объекта на j -ый	Влияние j -го объекта на i -ый
Отсутствие помощи	0 ($c_{ij} = 0$)	0 ($c_{ji} = 0$)
Помощь	+ ($c_{ij} > 0$)	0 ($c_{ji} = 0$)
Угнетение	- ($c_{ij} < 0$)	0 ($c_{ji} = 0$)
Дискриминация	+ ($c_{ij} > 0$)	- ($c_{ji} < 0$)
Конкуренция	- ($c_{ij} < 0$)	- ($c_{ji} < 0$)
Партнерство	+ ($c_{ij} > 0$)	+ ($c_{ji} > 0$)

Исследуемые компании за 2012-2021 гг. получили чистую прибыль, представленную в таблице 2.

Таблица 2. Прибыль исследуемых компаний за 2012-2021 годы

Прибыль, млн.руб.	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	48	49	50	55	75	76	108	115	122	120
2	51	50	55	60	65	66	62	64	75	50
3	26	27	38	43	37	40	38	41	38	39

Графическая иллюстрация чистой прибыли компаний представлена на рис. 1.

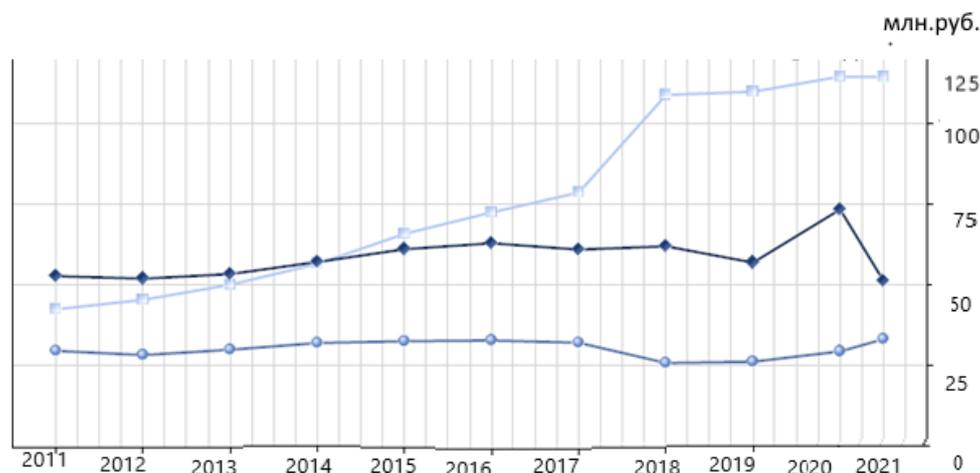


Рис. 1. Чистая прибыль компаний.

Период 2012-2019 гг. был относительно спокойным для данной области. Для

EdTech рынка 2020-й стал годом рекордного роста и серьезных испытаний одновременно. Рост и развитие продолжается и на данный момент. С помощью статистического анализа были вычислены коэффициенты, которые показывают степень подавления между компаниями.

Расчет коэффициентов для системы (1) производился модифицированным взвешенным методом наименьших квадратов и методом Левенберга-Марквардта. Этот метод заключается в поиске соответствующих весов, стоящих перед суммами квадратов отклонений фактических численностей от соответствующих координат точек интегральных кривых системы (1), вариации начальных условий и минимизации функционала невязки, т. е. решения оптимизационной задачи вида:

$$J(u) = \mu_1 \sum_{j=1}^N (x_1^*(t_j) - x_1(t_j, u))^2 + \mu_2 \sum_{j=1}^N (x_2^*(t_j) - x_2(t_j, u))^2 + \mu_3 \sum_{j=1}^N (x_3^*(t_j) - x_3(t_j, u))^2 \rightarrow \min_{u \in D},$$

где $u = (b_1, b_2, b_3, K_1, K_2, K_3, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{23}, a_{31}, a_{32})^T$ – вектор искомых коэффициентов системы (1), $x_1(t_j, u), x_2(t_j, u), x_3(t_j, u)$ – решение системы (1) в t_j момент времени, $x_i^*(t_j)$ – фактически чистая прибыль i -ой компании, $\mu_i > 0$ ($\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 0$) являются показателем частных критериев оптимизационной задачи.

Рассмотрим взаимодействие трех выбранных компаний с помощью предложенной выше модели на примере систем, параметры которой были определены с помощью Mathcad:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 1,52x_1 - 1,04x_1^2 - 0,85x_1x_2 - 0,04x_1x_3 \\ \frac{dx_2}{dt} = 1,33x_1 - 1,02x_2^2 - 0,25x_2x_1 - 0,08x_2x_3 \\ \frac{dx_3}{dt} = 1,21x_1 - 1,08x_3^2 - 0,95x_3x_1 - 5,73x_3x_2 \end{cases} \quad (2)$$

с начальными данными $x_1(0) = 350; x_2(0) = 390; x_3(0) = 157$.

В качестве начальных условий возьмем данные за 2017 год. Решая данную систему методом Рунге-Кутты, получаем следующие результаты, представленные на графике, которые позволяют смоделировать прибыль компаний в будущем (рис. 2).

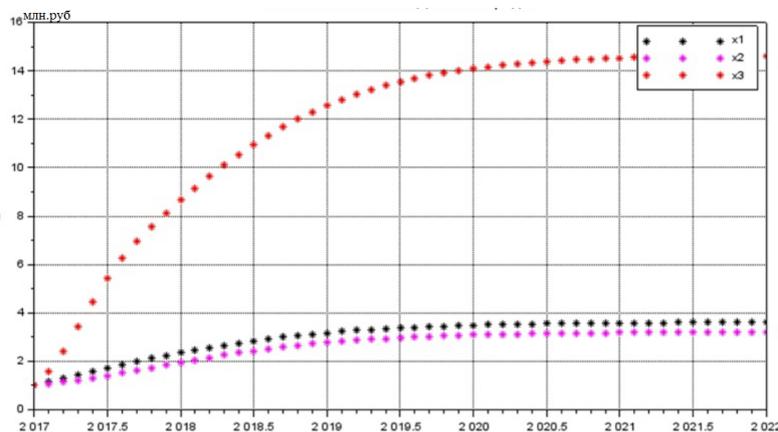


Рис. 2. Моделирование чистой прибыли

Оценка приближения модельных результатов исследования представлена в таблице 3, средняя ошибка аппроксимации – A_{cp} и коэффициент корреляции – R .

Таблица 3. Оценка приближения модельных результатов исследования.

Оценка модели	Компания 1	Компания 2	Компания 3
$A_{cp}, \%$	2,14	11,3	2,57
R	0,72	0,92	0,92

Полученные результаты моделирования хорошо соотносятся с эмпирическими данными, что позволяет судить об адекватности модели и пригодности её для дальнейшего прогнозирования состояния системы. Проанализировав полученные результаты, сформировались некие гипотезы в дальнейшем развитии EdTech компаний внутри России. Основная идея заключается в том, что со временем сформируется некий «хищник - лидер», что позволит стратифицировать и сохранить баланс «жизнедеятельности» в данной сфере, при этом должна сохраниться строгая сегментация отдельных областей российского рынка образования.

Литература

1. Амадова Г.М. Математическая модель динамики трех популяций «два хищника-жертва» с внутривидовой конкуренцией жертвы // XI век: фундаментальная наука и технологии. 2017. Т.1. С. 157–161.
2. Денисенко И.А. Особенности и тенденции продвижения дополнительных профессиональных образовательных услуг // СЕРВИС PLUS. Черкизово: Российский государственный университет туризма и сервиса. 2019. Т. 13, №3. С. 41–50.
3. Краснова Г.А., Нухулы А., Тесленко В.А. Электронное образование в мире и России: состояние, тенденции и перспективы // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. 2017. Vol. 14, № 3. С. 371–377.

MSC MSC 91P10

Study Interaction of companies in the field of EdTech services in Russia

A. A. Shalaeva, T. F. Mamedova, A. A. Lapshina
National Research Ogarev Mordovia State University

Abstract: This paper explores the interaction of the most popular companies providing educational services in Russia. To conduct the study, three most dynamically developing companies in the field of EdTech technologies were selected and the main indicators of these companies over the past ten years were analyzed. The coefficients in the model were calculated using the modified weighted least squares method and the Levenberg-Marquardt method. The results obtained allow us to conclude about the interaction of the companies under study at the moment and the development of their relationships in the future.

Keywords: The predator-prey model, Modeling, Online education, Computer technology.

References

1. G.M. Amatova, Mathematical model of dynamics of three populations "two predators-prey" with intraspecific competition of prey, *XI century: fundamental science and technology*, 2017, vol. 1, P. 157–161.
2. I.A. Denisenko, Features and trends of promotion of additional professional educational services, *SERVICE PLUS. Cherkizovo: Russian State University of Tourism and Service*, 2019, vol. 13, 3, P. 41–50.
3. G.A. Krasnova, A. Nukhuly, V.A. Teslenko, Electronic education in the world and Russia: state, trends and prospects, *Journal of Informatization in Education Bulletin of RUDN. Series: Informatization of education*, 2017, vol. 14, 3, P. 371 – 377.