

УДК 372.581

DOI: 10.26140/knz4-2021-1001-0016

## СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОНИМАНИЕ МАТЕМАТИКИ: АНАЛИЗ ВЗГЛЯДА СТУДЕНТОВ

© Автор(ы) 2021

SPIN: 3067-9927

AuthorID: 781363

ResearcherID: AAC-5845-2020

ORCID: 0000-0003-4076-5916

**ЧЕРЕМУХИН Артем Дмитриевич**, старший преподаватель кафедры  
«Физико-математические науки»

SPIN: 5051-0800

AuthorID: 1095395

**ПРЯМКОВ Максим Сергеевич**, студент 2-го курса факультета  
«Информационные технологии и системы связи»

*Нижегородский государственный инженерно-экономический университет  
(606340, Россия, Княгинино, улица Октябрьская, 22а, e-mail: marshall-page@yandex.com)*

**Аннотация.** В настоящее время появляются все больше исследований, сосредоточенных на психологических аспектах обучения математическим дисциплинам. Вместе с тем, накопленные другими науками знания позволяют начинать делать выводы о степени влияния генетических факторов на успеваемость и понимание математики. В статье обобщаются результаты недавних исследований зарубежных ученых на эту тему, ставится задача анализа мнения студентов о рассматриваемой проблеме. Для решения задачи изучения мнения студентов о степени влияния генетических факторов на понимание математики и факторов, на это влияющее, был составлен вопросник. После опроса студентов путем ANOVA-тестов были проверены гипотезы о влиянии на мнение студентов пола, уровня образования и курса обучения, сделаны выводы. После этого было изучено влияние на мнение студентов других показателей, в частности, самооценки собственных знаний по математике, уровня собственных стараний при изучении математики, знаний друзей и одноклассников, оценки учителей в школе и преподавателей в ВУЗе, оценки понимания родителями математики, оценки сходства понимания у родителей и детей. В итоге выявлены наиболее влияющие факторы, главным из которых стала самооценка уровня знаний по математике. На основании выявленных ключевых факторов с использованием мультиномиальной логистической регрессии были оценены изменения вероятностей выбора определенного ответа студентом в зависимости от трех самых значимых факторов. Полученные модели были визуализированы, на основании их сделаны итоговые выводы. В заключении авторами выдвинуты предположения о наиболее перспективных направлениях проведения исследований.

**Ключевые слова:** образование, математика, высшее образование, среднее профессиональное образование, генетические факторы, понимание математики, успеваемость, самооценка знаний, мультиномиальная логистическая регрессия.

## THE DEGREE OF INFLUENCE OF GENETIC FACTORS ON THE UNDERSTANDING OF MATHEMATICS: ANALYSIS OF THE STUDENTS 'VIEW

© The Author(s) 2021

**CHEREMUHIN Artem Dmitrievich**, assistant professor of the chair  
«Physics and Mathematics»

**PRYAMKOV Maksim Sergeevich**, 2nd year student of the faculty  
«Information Technologies and Communication Systems»

*Nizhny Novgorod State Engineering-Economic University  
(606340, Russia, Knyaginino, street Oktyabrskaya 22, e-mail: marshall-page@yandex.com)*

**Abstract.** Currently, there is more and more research focused on the psychological aspects of teaching mathematics disciplines. At the same time, knowledge in other sciences allows one to learn to draw conclusions about the benefits of genetic factors on academic performance and understanding. The article summarizes the results of recent studies by foreign scientists on this topic. To solve the problem of studying the factors of influence on the understanding of mathematics and factors that influence this, a questionnaire was drawn up. After interviewing students using ANOVA tests, hypotheses about the influence of gender, education level and course of study on students' opinion were tested, and conclusions were drawn. After that, the influence of other indicators on the opinion of students was studied, in particular, self-assessment of their own knowledge in mathematics, the level of their own efforts in the study of mathematics, the knowledge of friends and classmates, assessments of teachers at school and teachers at a university, assessments of parents' understanding of mathematics, assessment of the similarity of understanding in parents and children. As a result, the most determining factors were identified, the main of which was self-assessment of the level of knowledge in mathematics. Based on the identified key factors, using multinomial logistic regression, the probabilities of choosing a particular answer were estimated depending on the three most significant factors. The resulting models were visualized, based on which the final conclusions were drawn. In conclusion, the authors put forward assumptions about the most promising areas of research

**Keywords:** education, mathematics, higher education, secondary vocational education, genetic factors, understanding of mathematics, academic performance, self-assessment of knowledge, multinomial logistic regression

### ВВЕДЕНИЕ

*Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.* Вопрос о соотношении важности таланта (генетической предрасположенности) и планомерной деятельности для достижения успеха в какой-то сфере является объектом исследования большого количества социальных наук сегодня, в том числе и педагогики.

В последнее время можно обособить большой пласт исследований, посвященных различным аспектам процесса обучения математике, например:

- работа ученых Ратгерского университета посвящена внедрению инновационных подходов при построении процесса обучения математики [1];
- было изучено поведение преподавателей вузов на проводимых лекциях (количество и тип задаваемых вопросов, возможность студентов на них ответить) [2];
- исследование динамики понимания учащимися определенной темы с использованием теорий семиотического представления [3];
- изучение высказываний учащихся в процессе изучения математики этнометодологическими подходами

через анализ социальных взаимодействий [4] и процесса построения коммуникации с учениками в целом [5];

- проведенный анализ результатов выполнения тестов TIMSS учащимися из разных стран с использованием многомерных профилей [6];

Это вызвано необходимостью повышения эффективности процесса обучения математике в разных странах - как правило, именно оценки по математике в среднем являются наиболее низкими у школьников почти всех стран.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы и на которых обосновывается автор; выделение неразрешенных раньше частей общей проблемы.

Завершенный процесс исследования генома человека позволил перевести в разряд решаемых задачу окончательного определения важности генетических факторов для успешности обучения математике. Данная тема исследований является относительно новой в научном сообществе, но уже есть ряд исследований с результатами:

1. Группа исследователей из университетов Техаса, Стэнфорда, Колорадо, Амстердама, Северной Каролины, Колумбийского университета, используя полигенные оценки способностей учащихся («генетический показатель интеллекта»), выявили, что чем выше полигенный балл школьника, то тем выше у него к концу средней школы балл по математике и тем больше его склонность к поступлению на программу с усложненной программой по математике. Однако, ученые отмечают, что им не удалось найти доказательства того, что отмеченные различия объясняются исключительно генетикой [7].

Однако другая группа исследователей в статье [8], проведя генетическое сравнение учеников различных школ, выявила, что ученики более престижных школ имеют больше полигенетических баллов, чем ученики обычных школ, то есть генетические факторы определяют то, какой уровень образования способен получить ребенок.

2. В работе ученых Питтсбургского университета была выявлена зависимость между математическими способностями детей и их матерей [9;10]. Однако, авторы работы указывают на то, что для исследования были отобраны люди с высоким социально-экономическим статусом, и обнаруженная зависимость может являться следствием большего доступа к образовательным материалам.

3. Исследование ученых Лондонского университета, технического университета Техаса, университета Огайо было посвящено исследованию факторов, влияющих на уровень математической тревожности. Проведенные многомерные количественные генетические анализы показали, что примерно 75 % дисперсии математической тревожности могут быть объяснены генетическими факторами. Был сделан вывод о том, что так как математическая тревожность напрямую связана с успехами в математике [11], а генетические характеристики влияют на математическую тревожность, то прослеживается связь между генетикой и способностями к математике [12].

Таким образом, на сегодняшний момент можно сделать следующий вывод: несмотря на то, что уровень образования наследуется и может быть предсказан на основе ДНК [13-15], нет достоверных подтверждений наличия прямой взаимосвязи между генетическими факторами и эффективностью процесса обучения математике; однако, есть серьезные основания полагать наличие косвенной связи через математическую тревожность. Генетические факторы во многом определяют реакцию человека на стресс, степень негативного влияния тревожности на эффективность деятельности, что уже напрямую влияет на показатели обучения. Этот результат может стать ключевым при разрешении давно ведущегося спора о том, какие именно факторы объясняют низкие образовательные результаты по математике у

студентов из семей с низким уровнем дохода [8,16-18], а также помочь при решении методологической проблемы отделения влияния учителя и школы на результаты образовательной деятельности ученика от воздействия социально-экономических факторов.

#### МЕТОДОЛОГИЯ

*Формирование целей статьи.* При этом, несмотря на сделанный вывод, некоторые студенты используют тезис об отсутствии у них таланта в качестве объясняющего при комментировании своих результатов обучения.

Целью данного исследования является анализ показателей, описывающих восприятие студентами важности генетических факторов для достижения успеха, и их взаимосвязь с восприятием самой математики как предмета, восприятием преподавателей и оценками по математике в школе и на более высокой ступени обучения.

Информационную базу работы составили результаты анонимного опроса студентов высшего и среднего профессионального образования Нижегородского государственного инженерно-экономического университета.

*Постановка задания.* Для решения поставленной задачи авторами был разработан опросник. При формировании вопросов анкеты были учтены результаты исследования [19], в котором отмечено, что вопросы не о предпочтениях самих опрашиваемых, а о предпочтениях их ближайшего социального круга дают лучшие результаты в силу разных причин [20,21].

*Используемые в исследовании методы, методики и технологии.* Студенты при заполнении опросника указывали свой пол, возраст, уровень образования (высшее или среднее профессиональное образование), номер курса (1-2), последнюю оценку по математике в школе и собственную оценку своих знаний по математике (по 100-балльной шкале). После этого им предлагалось ответить в числовой шкале (от 0 до 100) на следующие вопросы:

1. Насколько, по-вашему, генетические факторы влияют на понимание математики (0 – не влияют никак, 100 – только они и влияют)?

2. Насколько, по-вашему, генетические факторы влияют на оценки по математике (0 – не влияют никак, 100 – только они и влияют)?

3. Оцените важность математики как учебного предмета для ваших друзей и знакомых (0 – не значим вообще, 100 – наивысшая значимость)

4. Оцените предполагаемую полезность математики в дальнейшей жизни по мнению ваших друзей и знакомых (0 – не значим вообще, 100 – наивысшая значимость)

5. Оцените интерес к занятиям по математике своих друзей и знакомых (0 – им не интересно вообще, 100 – им максимально интересно)

6. Оцените уровень старания на занятиях по математике своих друзей и знакомых (0 – они не стараются вообще, 100 – они очень стараются)

7. Ваша оценка по математике в предыдущем семестре (2-5)

8. Ваша итоговая оценка в школе по математике (3-5)

9. Оцените свои знания по математике по 100-балльной шкале (0 – ничего не знаю, 100 – знаю весь курс математики)

10. Оцените знания по математике по 100-балльной шкале ваших друзей и одноклассников (0 – ничего не знают, 100 – знают весь курс математики)

11. Дайте оценку своим учителям математики в школе (0 – очень плохой учитель, 100 – превосходный учитель)

12. Дайте оценку своим учителям преподавателям математики (0 – очень плохой преподаватель, 100 – превосходный преподаватель)

13. Оцените знания по математике по 100-балльной шкале ваших родителей (0- ничего не знают, 100 - идеально разбираются).

14. Оцените то, насколько близок уровень понима-

ния математики у вас и ваших родителей по 100-бальной шкале (0 - абсолютно противоположный, 100 - идеально совпадает).

Используемые в исследовании методы, методики и технологии. В ходе исследования приняли участие 50 студентов Нижегородского инженерно-экономического университета института экономики и управления, института информационных технологий и систем связи 1 и 2 курса. Для проведения расчетов использовался язык программирования R.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов. Структура опрошенных по полу, уровню образования и курсу обучения представлена в таблице 1.

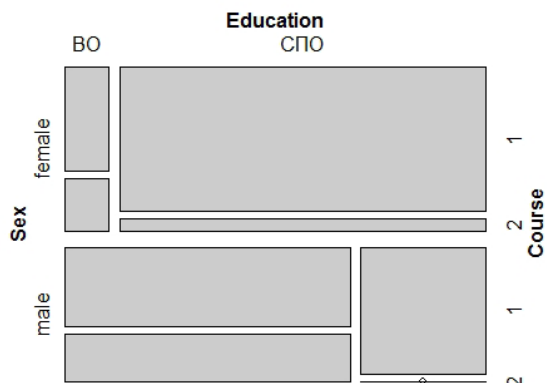


Рисунок 1 – Распределение опрошенных студентов по полу, уровню образования и курсу обучения (составлено авторами)

Его анализ показывает, что в структуре опрошенных можно выделить две основные группы обучающихся: девушек, учащихся на 1-м курсе среднего профессионального образования и женщин, учащихся на 2-м курсе высшего образования. Для решения поставленной цели исследования были посчитаны коэффициенты корреляции между выраженным мнением о степени влияния генетических факторов на понимание математики и ответа на другие вопросы исследования (таблица 1).

Таблица 1 – Корреляция между независимыми переменными и мнением студентов о степени влияния генетических факторов на успеваемость по математике

Показатель	Мнение о степени влияния генетических факторов на понимание математики	Мнение о степени влияния генетических факторов на оценки по математике	Степень различия между этими оценками
Оцененная важность математики как учебного предмета для друзей и знакомых	0.1269	0.1055	-0.0411
Оцененная предполагаемая полезность математики в дальнейшей жизни по мнению друзей и знакомых	0.0989	0.1492	-0.0735
Оцененный интерес к занятиям по математике своих друзей и знакомых	0.0623	0.0271	0.0337
Оцененный уровень старания на занятиях по математике своих друзей и знакомых	0.096	0.0383	0.0975
Оценка по математике в предыдущем семестре	0.0142	0.0349	0.0255
Итоговая оценка в школе по математике (3-5)	0.0011	-0.04	0.1709
Оцененные собственные знания по математике	0.34	0.397	-0.0506
Оцененные знания по математике друзей и одногруппников	0.2095	0.1354	0.0527
Оценка учителей математики в школе	0.105	-0.0862	0.3258
Оценка преподавателей математики в ВУЗе	0.1257	0.0323	0.0831
Оценка знаний родителей по математике	-0.012	-0.004	0.0376
Оценка сходства понимания математики студентами и их родителями	-0.0804	0.0595	-0.1533

\*(составлено авторами)

На основании анализа таблицы 1 можно сделать вывод, что на оценку степени влияния генетических факторов (на понимание математики) наибольшее влияние оказывает оценка собственных знаний по математике, знаний друзей и одногруппников, важности математики как учебного предмета. На оценку степени влияния генетических факторов (на оценки по математике) наибольшее влияние оказывает оценка собственных знаний по математике, знаний друзей и одногруппников, оценка предполагаемой будущей полезности математики. Кроме того, видно, что разница в оценках важности генетических факторов на знания и оценки студентов зависят от мнения о школьных учителях математики, итоговой оценки в школе, оценке сходства знаний студентов и их родителей.

Из-за неравномерности распределения студентов по группам (рисунок 1) было принято решение о необходимости изучения влияния факторных переменных на все переменные. Анализ влияния факторных переменных на оценку степени влияния генетических факторов проводился с помощью ANOVA-теста и выявил, что мнение о степени влияния генетических факторов на понимание математики зависит от уровня образования (рисунок 2)

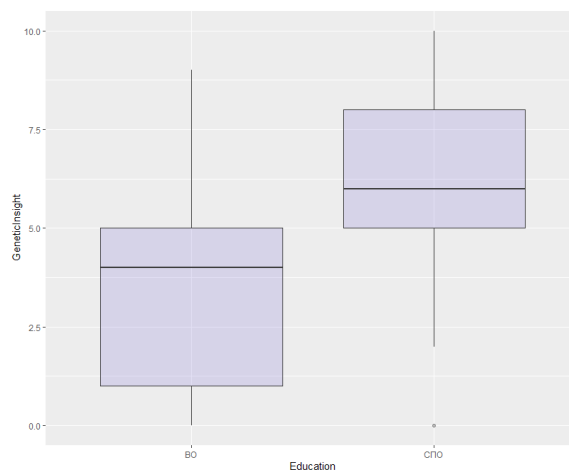


Рисунок 2 – Боксплоты распределения мнений студентов о степени влияния генетических факторов на понимание человеком математики в зависимости от уровня образования студентов (составлено авторами)

Согласно рисунку 2, видно, что студенты высшего образования в среднем считали, что понимание математики на 42 % объясняется генетическими фактами (при этом основная масса опрошенных отдавали на генетику 12 – 50 %), а студенты среднего профессионального образования в среднем считали, что понимание математики на 60 % объясняется генетическими фактами (при этом основная масса опрошенных отдавали на генетику 50 – 80 %).

Анализ влияния факторных переменных на все остальные показатели выявил отсутствие значимых различий в средних на 5%-ом уровне значимости.

#### ВЫВОДЫ

Выводы исследования. Трактовка зависимой переменной как числовой была обоснована только при проведении разведочного анализа данных. При прогнозировании и моделировании зависимости более корректно считать ее порядковой переменной. В связи с этим для моделирования зависимости была использована мультиномиальная логистическая регрессия, в которой в качестве зависимой переменной выступала оценка степени влияния генетических факторов на понимание математики, а качестве независимых переменных – самооценка своих знаний, оценка знаний друзей, важность математики. Расчет коэффициентов модели, их визуализация проводилась с использованием инструментария пакета pnet языка программирования R.

После расчета коэффициентов модели влияние отдельных факторов на результаты было визуализировано (рисунок 3).

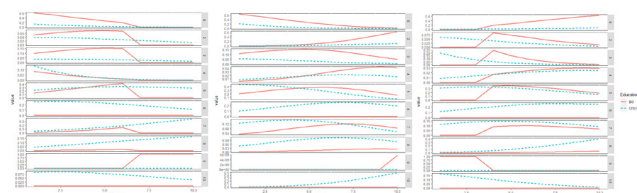


Рисунок 3 – Влияние независимых переменных на вероятность определенной оценки степени влияния генетических факторов на понимание человеком математики в зависимости от уровня образования (непрерывная линия – уровень ВО, штриховая – уровень СПО) (составлено авторами)

На основании построенной модели и рисунка 3 можно сделать следующие выводы:

- при оценке собственных знаний по математике, превышающей 6 (по 10-балльной шкале), опрашиваемые студенты высшего образования считали, что генетические факторы на 90 % определяют понимание математики. При снижении оценки собственных знаний повышается вероятность того, что опрашиваемый считает, что генетические факторы никак не влияют на понимание математики. Таким образом, опрашиваемые с большей оценкой собственных знаний по математике склонны приписывать генетическим факторам больший вес при понимании математики;

- при повышении оценки собственных знаний по математике увеличивается вероятность того, что студенты среднего профессионального образования объяснят 70-80 % понимания математики генетическими факторами – и снижается вероятность выбора ответов с меньшей долей влияния генетических факторов;

- при исследовании влияния оценки знаний друзей и одноклассников на оценку доли генетических факторов в понимании математики видно отсутствие для студентов высшего образования четкой зависимости, а для студентов среднего профессионального образования было выявлено, что с возрастом оценки знаний друзей и одноклассников возрастает вероятность того, что студент считает, что 100 % понимания математики объясняется генетическими факторами;

- при исследовании влияния оцениваемой важности математики на оценку доли генетических факторов стоит заключить, что имеющихся данных недостаточно для установления четкой зависимости.

Таким образом, можно утверждать, что проведенное исследование показало разнородность мнений студентов о степени влияния генетических факторов на понимание математики. Выяснено, что у студентов разного уровня образования разные оценки степени влияния генетических факторов, и, кроме того, на эта величина наиболее коррелирует с самооценкой знаний по математике и оценкой знаний ближайшего окружения (друзей и одноклассников).

*Перспективы дальнейших изысканий в данном направлении.* Авторы считают, что развитие темы, затронутой в данном исследовании, возможно в следующих областях:

1. Проверка полученных выводов на исследованиях с большим количеством участников, в том числе и школьников разных возрастов, учащихся различных ВУЗов;

2. Изучение механизма формирования мнения о степени влияния генетических факторов, опрос учителей и преподавателей ВУЗов, родителей учащихся об этом;

3. Изучение динамики оценки данных показателей во времени, определение его взаимосвязи с уровнем математической тревожности и психологическими характеристиками личности вообще;

4. Изучение влияния и характера причинно-следственной связи данного суждения на степень усилий, прикладываемых для решения математических задач и успеваемость по математике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Woods, K., Weber, K. The relationship between mathematicians' pedagogical goals, orientations, and common teaching practices in advanced mathematics / *Journal of Mathematical Behavior*. 2020. № 59. 100792
2. Paoletti, T., Krupnik, V., Papadopoulos, D., Olsen, J., Fukawa-Connelly, T., Weber, K. Teacher questioning and invitations to participate in advanced mathematics lectures / *Educational Studies in Mathematics*. 2018. № 1 (98). P. 1–17.
3. Gulikilic, H., Moyer-Packenham, P. S., Ugurlu, H. H., Yuruk, N. Characterizing the growth of one student's mathematical understanding in a multi-representational learning environment / *Journal of Mathematical Behavior*. 2020. № 58. 100756
4. Ingram, J. Epistemic management in mathematics classroom interactions: Student claims of not knowing or not understanding / *Journal of Mathematical Behavior*. 2020. № 58. 100754
5. Sun, K. L. The mindset disconnect in mathematics teaching: A qualitative analysis of classroom instruction. 2019. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2019.04.005>
6. Camilli, G., Dossey, J. A. Multidimensional national profiles for TIMSS 2007 and 2011 mathematics. 2019. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2019.02.001>
7. Harden, K. P., Domingue, B. W., Belsky, D. W., Boardman, J. D., Crosnoe, R., et al. Genetic associations with mathematics tracking and persistence in secondary school. 2020. [Электронный ресурс]: Режим доступа: [doi.org/10.1038/s41539-020-0060-2](https://doi.org/10.1038/s41539-020-0060-2)
8. Smith-Woolley, E., Pingault, J.-B., Selzam, S., Rimfield, K., Krapohl, E., et al. Differences in exam performance between pupils attending selective and non-selective schools mirror the genetic differences between them. 2018. [Электронный ресурс]: Режим доступа: [doi.org/10.1038/s41539-018-0019-8](https://doi.org/10.1038/s41539-018-0019-8)
9. Braham, E. J., Libertus, M. E. Intergenerational associations in numerical approximation and mathematical abilities. 2017. [Электронный ресурс]: Режим доступа: [doi.org/10.1111/desc.12436](https://doi.org/10.1111/desc.12436)
10. Tosto, M. G., Petrill, S. A., Halberda, J., Trzaskowski, M., Tikhomirova, T. N., et al. Why do we differ in number sense? Evidence from a genetically sensitive investigation / *Intelligence*. 2014. № 43. P. 35–46.
11. Wang, Z., Hart, S. A., Kovas, Y., Lukowski, S., Soden, B., et al. Who is afraid of math? Two sources of genetic variance for mathematical anxiety / *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2014. № 9 (55). P. 1056–1064
12. Malanchini, M., Rimfield, K., Wang, Z., Petrill, S. A., Tucker-Drob, E. M. Genetic factors underlie the association between anxiety, attitudes and performance in mathematics. 2020. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/s41398-020-0711-3>
13. Cesarini, D., Visscher, P. M. Genetics and educational attainment / *NPJ Science of Learning*. 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/s41539-017-0005-6>
14. Domingue, B. W., Belsky, D. W., Conley, D., Harris, K. M., Boardman, J. D. Polygenic influence on educational attainment / *AERA Open*. 2015. № 1. P. 1–13
15. Rietveld, C. A. et al. Replicability and robustness of genome-wide-association studies for behavioral traits / *Psychological Sci*. 2014. № 25. P. 1975–1986
16. Crosnoe, R., Schneider, B. Social capital, information, and socioeconomic disparities in math course work / *Am. J. Educ.* 2010. № 117. P. 79–107
17. Hamrick, F. A., Stage, F. K. College predisposition at high-minority enrollment, low-income schools / *Rev. High. Educ.* 2004. № 27. P. 151–168
18. Garret, M. S., DeLany, B. Students, courses, and stratification / *Sociol. Educ.* 1988. № 61. P. 61–77
19. Galesic, M., Bruine de Bruin, W., Dumas, M., Kapteyn, A., Darling, J. E., Meijer, E. Asking about social circles improves election predictions. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0302-y>
20. Nisbett, R. E., Kunda, Z. Perception of social distributions / *J. Pers. Soc. Psychol.* 1985. № 48. P. 297–311
21. Galesic, M., Olsson, H., Rieskamp, J. Social sampling explains apparent biases in judgments of social environments / *Psychol. Sci*. 2012. № 23. P. 1515–1523

Статья поступила в редакцию 22.01.2021

Статья принята к публикации 27.02.2021