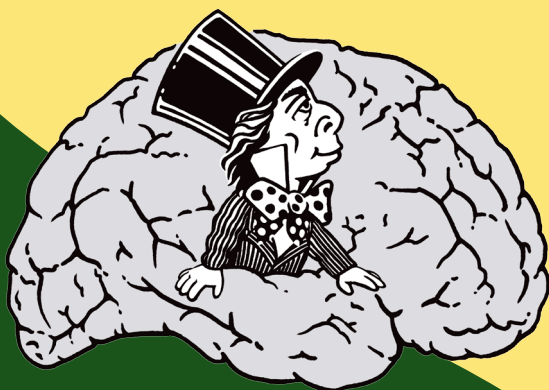


КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ
2023

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман

УДК 159.9
ББК 88.25
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 21 – 22 июня 2023 г. Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман. – М.: ООО «Буки Веди», Московский институт психоанализа. 2023 г. – 604 стр.

© Авторы статей, 2023

ISBN 978-5-4465-3880-5

УДК 159.9
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-3880-5

© Авторы статей, 2023

АДАПТАЦИЯ ОПРОСНИКА NASA-TLX В КОГНИТИВНОМ ДОМЕНЕ НА РУССКОЯЗЫЧНОЙ ВЫБОРКЕ

Е. П. Рыбина*, А. Н. Ангельгардт, Т. А. Березнер, А. И. Расторгуева,
С. П. Сломинская
rybina.e.p@gmail.com
НИУ ВШЭ, Москва

Аннотация. Последнее время растет как теоретический, так и прикладной интерес к исследованиям когнитивной нагрузки. Когнитивная нагрузка представляет собой количество задействованных для выполнения в данный момент некоторой задачи ресурсов рабочей памяти, исследователи выделяют разные виды когнитивной нагрузки в зависимости от источника ее возникновения. Для ее измерения разрабатываются различные психометрические инструменты, при этом в большей части не пригодные для использования на русскоязычной выборке. Одним из наиболее распространенных таких инструментов является опросник NASA-TLX, созданный изначально для оценки рабочей нагрузки у астронавтов, активно используемый и российскими учеными. Однако, адаптация перевода опросника на русскоязычной выборке не проводилась. Данное исследование включает в себя полноценную адаптацию NASA-TLX и апробацию его для использования в когнитивных исследованиях с участием русскоязычных испытуемых.

Ключевые слова: когнитивная нагрузка, умственная нагрузка, опросник NASA-TLX, рабочая память, задача Стернберга, ментальное вращение, адаптация опросника, психодиагностика

Исследование выполнено при поддержке Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2022 году, ТЗ 120.

Введение

В конце XX века для оценки нагрузки во время выполнения задач астронавтами NASA был разработан опросник NASA-TLX (Hart, Staveland, 1988). Он включает шесть субшкал — mental demand, physical demand, time pressure, performance, effort и frustration, каждая из которых содержит один вопрос. После выполнения задания респондентам предлагается оценить уровень каждой субшкалы на данный момент от очень низкого до очень высокого, используя шкалу с 20 делениям без численных обозначений. Такой способ дает возможность простого сбора информации о различных составляющих рабочей нагрузки испытуемого. В виду лаконичности и емкости, в скором времени данный опросник стал применяться и в других сферах — например, в психологических исследованиях, а также для измерения нагрузки у работников предприятий.

Важно заметить, что первоначально опросник NASA-TLX предполагал измерения именно рабочей нагрузки (workload), что подразумевает под собой как умственную, так и физическую нагрузку. Определение когнитивной на-

грузки подразумевает лишь умственную нагрузку, а точнее – объем занятых в выполнении когнитивной задачи ресурсов рабочей памяти (Sweller et al., 1998). Дж. Свеллер, разработавший теорию когнитивной нагрузки, описывал три ее типа: внутренняя нагрузка (зависит от сложности выполнения задачи, связанной с ее смыслом), внешняя нагрузка (зависит от способа представления задачи) и релевантная (зависит от когнитивных схем, доступных испытуемому). Опросник, апробация которого проводится в данном исследовании, был спроектирован до появления теории когнитивной нагрузки, в связи с чем не подразумевает возможности дифференцировать разные типы когнитивной нагрузки. При этом его достоинством, помимо легкости использования, является учет субъективной оценки уровня когнитивной нагрузки в субшкале *mental demand*, в то время как иные субшкалы (например, *effort*) подразумевают оценку затраченных в действительности усилий.

Методика

NASA-TLX (Hart, Staveland, 1988) проектировался для оценки заданий различных категорий. Для качественной адаптации опросника NASA-TLX на русскоязычной выборке и проверки его валидности для использования в когнитивных экспериментах было принято решение проверить его применимость только в заданиях, принадлежащих к категории «единичных когнитивных заданий» (*single cognitive domain*). Они отличаются тем, что направлены на оценку проявлений одного когнитивного процесса (например, рабочей памяти) и устроены по принципу «один стимул – один ответ испытуемого». Это отличает задания этой категории от более сложных заданий, использованных разработчиками NASA-TLX, вплоть до задания по симуляции управления самолетом. Очевидно, что в таких более сложных заданиях задействованы многие когнитивные процессы. По нашему мнению, значительная часть именно когнитивно-психологических исследований представляют собой выполнение заданий, которые можно отнести к категории «единичных когнитивных». Таким образом, нами были отобраны три задания из оригинального исследования: на узнавание информации, на извлечение информации из рабочей памяти и мысленное вращение. В качестве задания первого типа была выбрана задача Стернберга, в которой испытуемому предлагается указать, была ли предъявленная в пробе буква в ранее выданном наборе букв (Sternberg, 1966). В эксперименте данное задание разделено на три уровня сложности: с наборами из 4, 8 и 12 согласных. На запоминание набора в каждом уровне было выделено 1.5 секунды, на удержание согласных в памяти – по 2 секунды.

Следующим использованным нами заданием стало задание для измерения объема рабочей памяти (*memory span task*), где испытуемый должен воспроизвести в верном порядке предъявленную последовательность слов (Hart, Staveland, 1988). В данном экспериментальном исследовании мы также выделили три уровня сложности – запоминание в течение 5 секунд последовательности длиной 3, 5 и 7 слов соответственно. Последовательности слов для предъявления были выбраны случайным образом из 478 существительных,

отобранных из стимульной базы «Существительное и объект» (Акинина и др., 2014). Было проведено уравнивание слов по частотности, длине — в слогах и фонемах, а также представимости, то есть уровню простоты, с которой возникает зрительный образ категории.

Последним заданием была задача мысленного вращения геометрических фигур (Jost, Jansen, 2020). Она позволяет измерить способность испытуемого к представлению объемных фигур в пространстве, в оригинальном положении и при вращении вдоль одной или нескольких координатных осей. При выполнении задания испытуемый должен ответить, являются ли предъявленные фигуры на самом деле одной и той же фигурой, повернутой под определенным углом, или различными фигурами. Были использованы изображения-проекции 16 трехмерных фигур из стимульной базы, составленные каждая из 10 кубиков и имеющие два изгиба (Jost, Jansen, 2020). Для варьирования задания по трем уровням сложности были подобраны следующие углы, на которые испытуемому было необходимо мысленно повернуть фигуру: для легкого уровня — 45 или 315 градусов по Z-оси (горизонтальное вращение), для среднего — 90 или 270 градусов по Z-оси и 45 или 315 градусов по X-оси (вертикальное вращение; четыре возможные комбинации углов), для сложного — 90 или 270 градусов по обеим осям Z и X (также четыре возможные комбинации углов).

Процедура экспериментального испытания опросника NASA-TLX была следующей: каждому испытуемому были предъявлены в общей сложности девять условий (три уровня сложности по трем задачам). Экспериментальное исследование было проведено с внутригрупповым планом: каждый испытуемый проходил все девять условий. Уровни сложности и пробы внутри каждого уровня были рандомизированы. После выполнения каждого условия предъявлялся опросник NASA-TLX с целью измерения уровня когнитивной нагрузки по всем шести субшкалам, то есть всего было девять заполнений опросника. В ходе адаптации и перевода субшкалы получили следующие названия: *умственная нагрузка*, *физическая нагрузка*, *давление времени* (насколько испытуемым ощущалось, что задание нужно выполнить как можно скорее, поторопиться), *успешность выполнения*, *усилия* и *уровень фрустрации* (ощущение напряжения и раздражения от задания).

Проверка валидности использования переведенной версии опросника состояла из нескольких этапов. Сначала была проведена оценка способности опросника дифференцировать различные уровни нагрузки, проверка чувствительности к различиям в сложности заданий. Было проведено сравнение набранных испытуемыми баллов по всем субшкалам адаптированной версии опросника NASA-TLX, предъявленного после прохождения каждого уровня сложности задачи. Для проверки использовались линейные модели со смешанными эффектами, фиксированными факторами выступали «уровень сложности» и «тип задачи», случайным фактором — «испытуемый». На втором этапе с помощью конфирматорного факторного анализа проверялась структура измеряемого конструкта, которая включает в себя шесть латентных переменных первого уровня — шкалы опросника, и одну латентную переменную второго уровня — общий индекс когнитивной нагрузки.

Результаты

В ходе предварительного анализа тестовый балл рассчитывался как прямая сумма по субшкалам/пунктам опросника. Для итогового анализа будут использованы взвешенные баллы согласно методике расчета оригинального исследования. На текущей выборке в 69 человек было обнаружено влияние уровня сложности задачи на тестовый балл по всем субшкалам адаптируемого опросника: умственная нагрузка ($F(2, 527.76) = 211.07, p < .001$), физическая нагрузка ($F(2, 527.37) = 38.30, p < .001$), давление времени ($F(2, 528.58) = 227.28, p < .001$), успешность выполнения ($F(2, 528.56) = 340.06, p < .001$), усилия ($F(2, 527.59) = 173.63, p < .001$) и уровень фрустрации ($F(2, 527.50) = 121.31, p < .001$). Полученные результаты позволяют прогнозировать высокую чувствительность опросника к изменениям уровня сложности задачи. Результаты вариации баллов опросника по уровням сложности отражены на рис. 1. Вместе с тем метрики качества модели конфирматорного факторного анализа, учитывающей различия между задачами и уровнями их сложности, не достигают конвенциональных пороговых значений ($CFI = .374, TLI = .347, RMSEA = .172, SRMR = .168$), несмотря на статистическую значимость всех факторных нагрузок на латентные переменные первого уровня (все $p < .03$) и статистическую значимость нагрузок факторов первого уровня на фактор второго уровня (умственная нагрузка — $.893, p < .001$, физическая нагрузка — $.554, p < .001$, давление времени — $.317, p = .012$, усилия — $1.048, p < .001$), за исключением успешности выполнения ($.188, p = .174$). Далее в ходе конфирматорного анализа были протестированы три модели, включающие только усредненные баллы по всем задачам внутри каждого уровня сложности (легкий, средний и сложный уровни). Они продемонстрировали следующие показатели: для легкого уровня сложности: $CFI = .895, TLI = .825, RMSEA = .160, SRMR = .075$; для среднего уровня сложности: $CFI = .956, TLI = .926, RMSEA = .100, SRMR = .070$; для высокого уровня сложности: $CFI = .965, TLI = .942, RMSEA = .074, SRMR = .074$. Несмотря на высокие значения указанных метрик качества, на данный момент остается не до конца понятным, насколько методологически корректно усреднение баллов внутри уровней сложности для использования моделей. Ввиду количества пунктов каждой шкалы в оригинальной версии методики — один пункт для каждого измерения — расчет классических показателей качества опросника (например, коэффициента α Кронбаха) не представляется возможным.

Обсуждение результатов

Предлагаемая адаптация опросника NASA-TLX на русскоязычной выборке позволит полноценно использовать его для оценки уровня когнитивной нагрузки как в когнитивных исследованиях, так и в педагогической практике, на рабочих местах и в иных случаях, требующих оценки нагруженности при выполнении задач. Таким образом, показателем качества измерения в данной ситуации выступают статистические различия в баллах по разным шкалам опросника при выполнении задач разного уровня сложности.

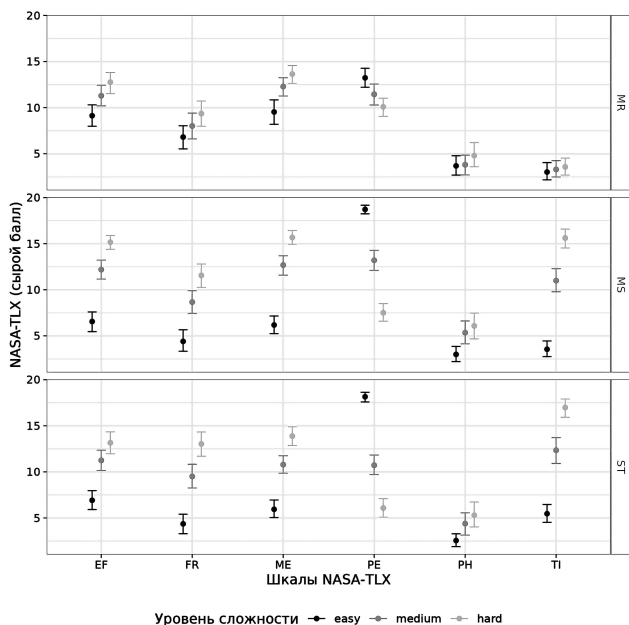


Рисунок 1. Результаты дисперсионного анализа сырых баллов субшкал NASA-TLX в когнитивном домене по трем уровням сложности (легкий — easy, средний — medium и сложный — hard) на задачах мысленного вращения (MR), измерения объема рабочей памяти (MS) и задачи Стернберга (ST)

Низкие значения метрик качества моделей факторного анализа могут быть связаны с недостаточным количеством данных, поскольку на данный момент объем выборки составляет половину от рассчитанного с помощью априорного анализа мощности. Данный опросник может быть инструментом, позволяющим проверить «качество» других перспективных методов оценки когнитивной нагрузки, например за счет психофизиологических показателей. В таком случае стоит ожидать высокую корреляцию между баллами по данному опроснику и результатами, полученными с помощью психофизиологического измерения. Отдельного интереса заслуживает объяснение результата, связанного со статистически значимым возрастанием значений по субшкале «физическая нагрузка» для всех трех заданий, при условии что испытуемым предлагались именно когнитивные задания, не требующие никаких физических действий, кроме введения ответов на компьютере. Если бы физическая нагрузка возрастала только для задания по мысленному вращению, данный результат можно было бы объяснить с позиции теории воплощенного познания, поскольку выполнение данного задания может приводить к активации моторной системы. Однако в данном случае испытуемые, возможно ощущая действительно большую умственную нагрузку, переносили ее и на нагрузку физическую. То есть сложность выполнения задания возрастала так сильно, что приводила к повышению

оценок испытуемым сразу по всем шкалам. Объяснение, что испытуемые могли попытаться «угадать» гипотезу исследования и искусственно завышать оценки по шкалам в зависимости от сложности задания, нельзя считать релевантным, поскольку порядок предъявления заданий по уровню сложности рандомизировался, а само их выполнение было довольно длительным. Навряд ли можно говорить о том, что испытуемые могли запоминать свои баллы по шкалам для каждого условия и сознательно завышать их.

Литература

Акинина Ю. С., Искра Е. В., Иванова М. В., Грабовская М. А., Исаев Д. Ю., Коркина И. Д., Малютина С. А., Сергеева Н. Ю. Библиотека стимулов «Существительное и объект»: нормирование психолингвистических параметров // Шестая Международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов. Калининград, 23 – 27 июня 2014 г. / Под ред. Б. Величковского, В. Рубцова, Д. Ушакова. Калининград: 2014. С. 112 – 114.

Hart S.G., Staveland L.E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research // *Advances in Psychology* North-Holland: Elsevier, 1988. P. 139 – 183. [https://doi.org/10.1016/s0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/s0166-4115(08)62386-9)

Jost L., Jansen P. A novel approach to analyzing all trials in chronometric mental rotation and description of a flexible extended library of stimuli // *Spatial Cognition & Computation*. 2020. Vol. 20. No. 3. P. 234 – 256. <https://doi.org/10.1080/13875868.2020.1754833>

Sternberg S. High-speed scanning in human memory // *Science*. 1966. Vol. 153. No. 3736. P. 652 – 654. <https://doi.org/10.1126/science.153.3736.652>

Sweller J., van Merriënboer J.J.G., Paas F.G.W.C. Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review* // *Educational Psychology Review*. 1998. Vol. 10. No. 3. P. 251 – 296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>

ADAPTATION OF THE NASA-TLX QUESTIONNAIRE IN A SINGLE COGNITIVE DOMAIN FOR A RUSSIAN-SPEAKING SAMPLE

Е. П. Рыбина*, А. Н. Angelgardt, Т. А. Berezner, А. I. Rastorgueva, S. P. Slominskaya
rybina.e.p@gmail.com
HSE University, Moscow

Abstract. Recently, interest has grown in both theoretical and applied studies of cognitive load. Cognitive load is the amount of working memory resources involved in performing a task at the moment. Researchers distinguish different types of cognitive load depending on the source of its occurrence. To measure cognitive load, various psychometric tools were developed, although most are not suitable for use in Russian-speaking populations. One of the most common of such tools is the NASA-TLX questionnaire, created initially to assess the workload of astronauts, which is also actively used by Russian scientists. However, no adaptation of the questionnaire for Russian-speaking populations has been conducted. This study includes a full-fledged adaptation of the NASA-TLX and its validation for use in cognitive research involving Russian-speaking individuals.

Keywords: cognitive load, mental workload, NASA-TLX, working memory, Sternberg task, mental rotation, questionnaire adaptation, psychodiagnostics

Research implemented within the framework of the HSE Basic Research Program in 2022.