

Имитация совместного внимания при взаимодействии робота и человека (HRI) при решении двухспичечных задач

Столярова Анастасия Николаевна, аспирант, инженер-исследователь

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва (Россия)

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва (Россия)

E-mail: anastasiyas050298@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7155-0426>

Поступила в редакцию 06.02.2026

Пересмотрена 19.03.2026

Принята к публикации 19.03.2026

Аннотация: **Проблема.** В области человеко-роботного взаимодействия (Human-Robot Interaction, HRI) несмотря на развитие антропоморфных роботов, способных инициировать совместное внимание, остается неясным, как различные типы подсказок (жест + взгляд vs. только взгляд) и их правильность влияют на автоматическое следование человека и его субъективную оценку взаимодействия. **Цель.** Сравнить эффективность различных типов подсказок антропоморфного робота (указательные жесты, совмещенные со взглядом, и подсказки только взглядом) в задаче, требующей совместного внимания, а также оценить влияние правильности подсказок на поведение испытуемых. **Методы.** В исследовании приняли участие 43 студента РАНХИГС: 38 девушек и 5 юношей в возрасте от 19 до 27 лет ($M=20,51$; $SD=1,82$). Количество движений испытуемых, следующих за подсказками робота и совпадающих с направлением подсказки, оценивались для оценки эффективности подсказок робота в каждом из условий. Для изучения реакции испытуемых на подсказки после каждой задачи применялся опросник, созданный на основе метакогнитивных шкал Данек. **Результаты.** Результаты показали, что способность робота имитировать процесс совместного внимания при решении задач с испытуемым была доказана. Гипотеза о большей эффективности подсказок робота с помощью указательных жестов, объединенных с перемещением взгляда и головы робота, по сравнению с подсказками подтвердилась. Гипотеза о большей эффективности правильных подсказок по сравнению с неправильными подсказками робота подтвердилась. **Выводы.** Способность робота имитировать процесс совместного внимания при решении задач с испытуемым была доказана, испытуемые обращали внимание на подсказки робота и старались следовать им как в условиях правильных подсказок, так и неправильных. Однако в условиях с правильными подсказками процент совпадающих по направлению с подсказками попыток решения был значительно выше, чем в условиях с неправильными подсказками.

Ключевые слова: взаимодействие человека и робота; Human-Robot Interaction; HRI; антропоморфные роботы; совместное внимание; подсказки взглядом и жестами; модифицированные задачи Кноблиха; метакогнитивные шкалы Данек

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания НИЦ «Курчатовский институт». Разработка методики, в том числе экспериментальные условия, жесты и стратегии общения антропоморфного интерфейса было выполнено в рамках государственного задания НИЦ «Курчатовский институт». Статистический анализ результатов эксперимента, включающий сравнения экспериментальных условий, анализ субъективных и поведенческих оценок участников выполнялось в рамках гранта Российского научного фонда № 25-78-10154, <https://rscf.ru/project/25-78-10154/>.

Для цитирования: Столярова А.Н. Имитация совместного внимания при взаимодействии робота и человека (HRI) при решении двухспичечных задач // Доказательная педагогика, психология. 2026. № 1. С. 27–36. DOI: <https://doi.org/10.18323/3034-2996-2026-1-64-3>.

ВВЕДЕНИЕ

Современные исследования в области человеко-роботного взаимодействия все чаще смещают фокус с чисто технических аспектов на учет психологических особенностей человека как полноправного участника совместной деятельности. Важность такого подхода подтверждается систематическим обзором Morandini и соавторов (2025) [1], которые показали, что адаптация коллаборативных роботов к когнитивным и эмоциональным состояниям человека (вниманию, нагрузке, стрессу) становится ключевым направлением повышения эффективности и безопасности совместной работы. Настоящее исследование развивает эту линию, фокуси-

руясь на автоматических механизмах совместного внимания при взаимодействии с роботом.

Развитие человека характеризуется тенденцией к совместному вниманию, как способности делиться и направлять внимание на объект или событие, представляющее общий интерес. Совместное внимание – это внимание, разделенное между двумя людьми. Оно может быть зрительным, слуховым или жестикуляционным. Развитию совместного внимания способствуют такие механизмы, как имитация, сменяющее друг друга поведение и социальная референтность [2]. Интеграция основополагающих механизмов совместного внимания в взаимодействие человека и робота-представляет

собой важную задачу для робототехники, особенно для социальных роботов: развитие роботом совместных способностей с человеком, с помощью визуального внимания и механизмов самооценки, реагирование робота на эмоциональный контекст событий совместного внимания [2]. Однако большинство подходов к совместному вниманию в робототехнике нуждаются в дополнительной оценке с реальными пользователями.

Взаимодействие между человеком и роботом (Human-Robot Interaction, HRI) можно классифицировать по нескольким основаниям: по типу задач (в зависимости от поставленной задачи), по морфологии робота (в зависимости от его внешнего вида и области применения), по отношению людей к роботу (положительное или отрицательное), по уровню совместного взаимодействия между командами (в зависимости от состава команды) и от ролей взаимодействия между человеком и роботом (супервайзер, оператор, член команды, программист и наблюдатель) [3]. Для изучения процессов совместного внимания в HRI применяют методы невербальной коммуникации: жесты и направления взгляда [4; 5]. Неосознаваемые когнитивные состояния (нагрузка, внимание) могут быть измерены и использованы для оптимизации совместной работы [6].

Рассматривая подходы к использованию гуманоидных роботов-агентов в совместных исследованиях внимания, можно выделить два основных подхода к применяемым роботам. В более классических работах лица роботов представлены на экране или используются программные технические устройства, использование таких стимулов позволяет ответить на вопрос о том, какова роль человечности и взаимодействия человека и природы в пробуждении механизмов совместного внимания [7]. То есть, с помощью искусственных гуманоидных агентов мы можем проверить, является ли сходство с человеком решающим фактором для вовлечения в совместное внимание. В более интерактивных протоколах с воплощенными гуманоидами преимущество их использования заключается в том, что они могут преодолеть проблемы последних интерактивных протоколов, предлагая превосходный экспериментальный контроль, с одной стороны и обеспечивая повышенную экологическую обоснованность и социальное присутствие, с другой [8–9].

Согласно данным [10] участники, которые взаимодействовали с человекоподобным роботом, достигли лучших показателей распознавания памяти в иницирующем состоянии совместного внимания, чем в реагирующем состоянии. При этом их исследование показало: взаимодействия человек–человек и человек–робот (HRI) не привели к поддающимся количественной оценке различиям в памяти распознавания. Иногда испытуемые участники показывают значительно лучшие результаты выполнения задач с роботом по сравнению с человеком [11]. Недавние исследования показали: воплощенные роботы способны эффективно привлекать к себе внимание, хотя полученные эффекты не зависят от того, кем управляется робот: человеком или искусственным интеллектом [12]. Совместная деятельность с роботом зависит от влияния индивидуальной изменчивости (стратегии) и изменчивости задачи (сложности) на качество результата (успешность выполнения задачи) и на рабочую нагрузку человека. [13].

В большинстве существующих исследований совместного внимания для привлечения внимания испытуемых используется либо направление взгляда [8; 9; 14],

либо различные жесты [7; 15]. При этом остается неясным какой тип взаимодействия более эффективен для выполнения совместной деятельности с человеком. В литературе практически отсутствуют эмпирические исследования, направленные на сравнение обоих способов привлечения внимания человека роботом. Для изучения этой проблемы мы исследовали способность невербальных подсказок робота (указательные и зрительные) повлиять на решение задач спичечной алгебры, облегчая или усложняя испытуемым процесс решения с помощью правильных и неправильных подсказок.

Исследовательский вопрос состоял в том, различается ли эффективность подсказок робота в зависимости от их типа (жесты + взгляд vs. только взгляд) или правильности предъявляемых подсказок.

Цель исследования – сравнить эффективность различных типов подсказок антропоморфного робота (указательные жесты, совмещенные со взглядом, и подсказки только взглядом) в задаче, требующей совместного внимания, а также оценить влияние правильности подсказок на поведение испытуемых.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выборка

В исследовании приняли участие 43 студента РАНХИГС: 38 девушек и 5 юношей в возрасте от 19 до 27 лет ($M=20,51$; $SD=1,82$). Использованная выборка является типичной для студентов гуманитарных направлений обучения в вузах. Выборка формировалась из добровольцев – студентов РАНХИГС. Все участники подписывали письменное согласие на участие в исследовании, в том числе, согласие на видеозапись своего поведения. Участники были осведомлены, что в любой момент могут отказаться от дальнейшего прохождения эксперимента. Испытуемые не были знакомы с представленными задачами. Испытуемые получали баллы по психологическим дисциплинам за участие в эксперименте. Из экспериментальной выборки исключались лица с зрением, не скорректированным до нормального, с нарушениями моторики и с травмами головного мозга и нарушениями когнитивных функций. Проведение исследования было одобрено протоколом заседания Комиссии по внутриуниверситетским опросам и этической оценке эмпирических исследовательских проектов № 1/2026.

Оборудование и материалы

Исследование проводилось с помощью антропоморфного робота Ф2 (рис. 1), созданного сотрудниками НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия. С помощью данного робота можно создавать и проверять в экспериментах стратегии общения с человеком с помощью речи, мимики и жестов. Робот Ф-2 напоминает мультипликационных персонажей, которые не похожи на человека, но при этом эмоциональны и симпатичны благодаря своим жестам и мимике. Робот демонстрирует мимику, может поворачивать голову и двигать руками. При этом конструкция робота сделана максимально простой. Интерфейс (лицо) робота представляет собой монитор диагональю 13 см (5 дюймов), на монитор выводятся подвижные изображения глаз и рта. Манипуляторы и шея робота собраны из приводов Dynamixel AX-12A. Каждый манипулятор робота может

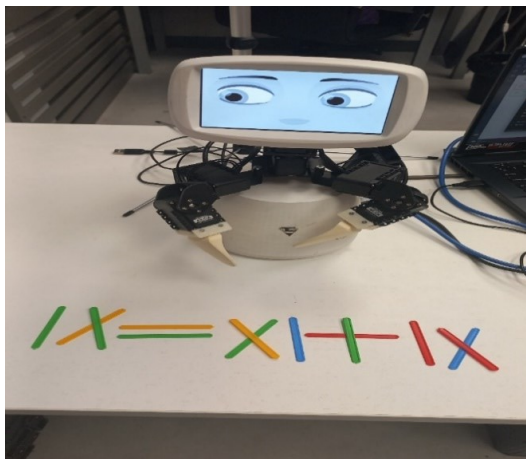


Рис. 1. Образец примера спичечной алгебры, выложенный перед роботом
Fig. 1. Example of a matchstick algebra problem laid out in front of the robot

поворачиваться и подниматься. Робот может крутить головой по сторонам, поднимать и опускать голову.

Рабочее напряжение робота – 12 В. Для подключения к сети 220 В используется внешний блок питания. Робот управляется с персонального компьютера или ноутбука, подключаясь к нему с помощью кабелей USB и HDMI, а также включается в сеть 220 В с помощью блока питания. Управление роботом осуществлялось экспериментатором с помощью ноутбука. Эксперимент записывался на камеру.

Стимульный материал

В исследовании применялись усовершенствованные задачи спичечной алгебры Кноблиха [16]. Согласно его классификации, существует четыре типа задач: *A*, *B*, *C* и *D*. Задача типа *A* решается путем ослабления числового ограничения – арифметическая операция (например, $IV=III+III$). Задача типа *B* предлагает ослабление ограничения арифметического знака (знак арифметической операции изменять нельзя: $III=V+III$). Задача типа *C* решается путем ослабления тавтологического ограничения (форма уравнения неизменна: $III=III+III$). Задача типа *D* предполагает ослабление числового ограничения и декомпозицию чанка (например, $XI=III+III$). В экспериментах Кноблиха было подтверждено, что задача типа *A* проще для решения, чем задача типа *B*, которая, в свою очередь, проще задачи типа *C*; задача типа *D* сложнее для решения, чем задача типа *A* [16; 17]. В исследовании использовались усовершенствованные типы задач спичечной алгебры для двухспичечных головоломок [18]; они представляют собой более сложные задания, позволяющие оценивать эффект имитации совместного внимания в процессе длительного решения каждой задачи.

Для решения каждому испытуемому предлагались 4 задачи спичечной алгебры [18]: $IX=VIII-III$ (значение-оператор), $VI=IX+IV$ (гибридная), $III=XI-IV$ (значение), $IX=XI+IX$ (тавтология). Для решения каждой задачи требовалось переложить две палочки. Каждая задача, из представленных, решалась разными способами: задача на значение-оператор требовала изменения, как значения цифры, так и арифметического знака, для решения задачи на тавтологию требовалось

выложить двойное равенство и т. д. Задачи были выложены из реальных счетных палочек, которыми испытуемый мог манипулировать.

Инструментарий

Для оценки восприятия взаимодействия с роботом после каждой задачи использовался специально разработанный краткий опросник. Он состоял из четырех пунктов, каждый из которых представлял собой утверждение, оцениваемое по 7-балльной шкале Лайкерта (1 – «полностью не согласен», 7 – «полностью согласен»). Все пункты опросника были представлены испытуемым в виде списка с полными формулировками.

Конкретные пункты и измеряемые конструкты:

1. Эффективность робота: Утверждение: «Подсказки робота были полезны для решения задачи». Более высокий балл отражал более высокую воспринимаемую полезность.

2. Помеха со стороны робота: Утверждение: «Действия или присутствие робота отвлекали меня и мешали сосредоточиться». Более высокий балл соответствовал более сильному ощущению помехи.

3. Субъективная сложность задачи: Вопрос: «Как вы оцениваете сложность только что решенной задачи?» (1 – «очень простая», 7 – «очень сложная»).

4. Затраченные усилия: Вопрос: «Сколько умственных усилий вам потребовалось для решения этой задачи?» (1 – «очень мало», 7 – «очень много»).

Шкалы для оценки сложности и усилий использовали биполярные дескрипторы, что является стандартной практикой для измерения метакогнитивных оценок. Опросник предъявлялся на бумажном носителе непосредственно после завершения решения каждой из 4 задач. Данные пункты были сформулированы авторами для данного исследования с целью прямой оценки ключевых аспектов взаимодействия, выявленных в пилотном исследовании.

Процедура и дизайн

Двухспичечные задачи предъявлялись испытуемым в четырех условиях рандомизации: правильный взгляд, неправильный взгляд, правильный жест + взгляд, неправильный жест + взгляд). Типы подсказок чередовались по типам задач случайным образом. Каждый тип

подсказок применялся на протяжении решения одной из четырех задач. При помощи подсказок робот указывал на правильную или неправильную сторону примера, из которой нужно было перенести две счетные палочки в зависимости от текущего условия.

Испытуемому перед началом эксперимента предлагалась инструкция для решения задач со счетными палочками. После приветствия испытуемого робот излагал инструкцию: «Вы будете решать задачи на перекладывание спичек совместно вместе со мной. Вам необходимо переложить две палочки так, чтобы равенство стало верным. Римские цифры выкладываются строго по шаблону. (Шаблон римских цифр размещался рядом с испытуемым). На решение каждой задачи Вам дается десять минут. Я буду подсказывать Вам при решении разными способами».

Робот осуществляет подсказки разными способами: каждые 30 секунд робот давал подсказку в зависимости от текущего условия: осуществлял правильные подсказки взглядом, неправильные подсказки взглядом, правильные подсказки указательными жестами вместе с взглядом и неправильные подсказки жестами вместе с взглядом.

После предъявления инструкции у испытуемого была возможность задать оставшиеся вопросы экспериментатору.

Затем дается отсчет времени и испытуемый приступает к решению задачи. В случае, правильного решения задачи, испытуемому сообщалось, что он решил задачу правильно, в отсутствие правильного решения испытуемый продолжал решение до окончания времени.

Правильные подсказки – указания робота на часть примера, откуда необходимо забрать счетную палочку для ее правильного перемещения. Неправильные подсказки – указания робота на часть примера противоположную той, откуда необходимо забрать счетную палочку для ее правильного перемещения.

После каждой задачи испытуемому предлагалось заполнить опросник из четырех вопросов для изучения субъективных оценок подсказок робота.

Анализ данных

Обработка видеоматериалов проводилась двумя независимыми экспертами (автором статьи и привлеченным специалистом в области невербальной коммуникации). Фиксировались жесты, повороты головы и направление взгляда респондентов, совпадающие с направлением подсказки робота, либо противоречащие ему. Согласованность экспертных оценок оценивалась с помощью коэффициента каппа Кохена ($\kappa=0,87$). Для сравнения невербальной реакции испытуемых в зависимости от способа подсказки (жест или взгляд) и ее правильности применялся двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с оценкой межгрупповых эффектов в SPSS. Предварительно проверялись допущения о нормальности распределения (критерий Шапиро–Уилка) и однородности дисперсий (критерий Ливиня); значимых нарушений не обнаружено. Наблюдения в эксперименте независимы друг от друга, зависимая переменная измерялась в интервальной шкале. Уровень значимости был принят $p<0,05$. Размер эффекта оценивался с помощью η^2 .

Данные опросника обрабатывались следующим образом: для каждого пункта вычислялись средние значения и стандартные отклонения. Внутренняя согласованность шкалы проверялась с помощью коэффициента α Кронбаха

($\alpha=0,82$). Для сравнения оценок в разных условиях применялся тот же двухфакторный дисперсионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поведенческие данные

По итогам первичного анализа видеоматериалов с движениями испытуемых в зависимости от типа подсказок робота было выявлено, что движений респондентов в направлении подсказок робота в условии с правильными указательными жестами в сочетании с взглядом робота ($M=5,84$, $SD=3,40$) совпадали чаще всего (90,15 % от всех движений в этом условии). Чуть реже следовали подсказкам в условии с правильным взглядом робота ($M=4,53$, $SD=3,15$) – 80,05%, при этом в условиях с неправильными указательными жестами в сочетании со взглядом робота ($M=4,33$, $SD=3,47$) и в условии с неправильным взглядом ($M=3,18$, $SD=2,91$) респонденты следовали подсказкам в гораздо меньшем числе случаев 59,51 % и 44,32 % соответственно.

Движения испытуемых, противоречащие подсказкам робота, чаще всего встречались в условиях с неправильным взглядом ($M=2,33$, $SD=2,19$) и с неправильными указательными жестами в сочетании с взглядом робота ($M=1,91$, $SD=2,64$) – 45,60 % и 33,54 % от всех движений в каждом из этих условий. При этом в условиях с правильным взглядом робота ($M=0,53$, $SD=0,83$) и правильными указательными жестами в сочетании с взглядом робота ($M=0,44$, $SD=0,70$) движения респондентов противоречили подсказкам в значительно меньшем числе случаев 11,82 % и 7,20 %. Полученные данные согласуются с выдвинутыми гипотезами: подсказки робота с помощью указательных жестов эффективнее, чем подсказки только взглядом, а правильные подсказки – эффективнее неправильных.

Сравнивая факторы способа подсказки и правильность подсказки при помощи двухфакторного дисперсионного анализа ANOVA мы установили, что средние показатели количества движений испытуемых в направлении подсказки оказались значимы между способами подсказок (взглядом ($M=3,86$, $SD=3,09$) и указательными жестами в сочетании со взглядом ($M=5,08$, $SD=3,49$) $F(3,171)=6,103$, $p<0,01$, $\eta^2p=0,035$ и между правильными ($M=5,19$, $SD=3,32$) и неправильными подсказками ($M=3,76$, $SD=3,24$) $F(3,171)=8,375$, $p<0,01$, $\eta^2p=0,047$. Таким образом, испытуемые чаще следуют правильным подсказкам и предпочитают подсказки робота, совмещающие направление взгляда и указательные жесты (рис. 2).

Субъективные оценки

Показатели субъективной оценки эффективности робота значимо различались в зависимости от способа подсказки ($F(3,171)=9,745$, $p<0,01$, $\eta^2p=0,05$). По данным опросника, задачи в условии с комбинированными подсказками (жест + взгляд) оценивались как более эффективные ($M=4,36$, $SD=2,02$), чем в условии только со взглядом ($M=3,38$, $SD=2,13$) (рис. 3).

При этом испытуемые оценивают комбинированные подсказки как более эффективные даже в условии с неправильными подсказками ($M=4,81$, $SD=2,00$).

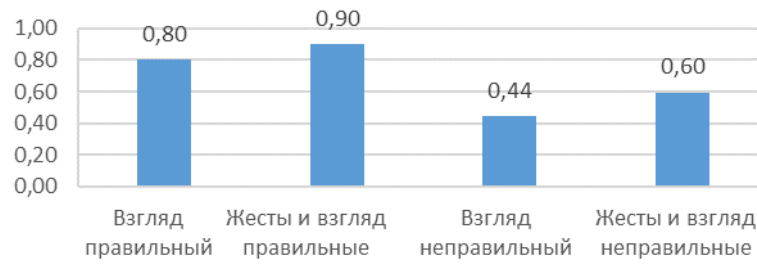


Рис. 2. Доля движений испытуемых в направлении подсказки робота (в %) в зависимости от типа подсказки (взгляд / жест + взгляд) и ее правильности. Столбцы – средние значения, ошибки – стандартные отклонения

Fig. 2. Proportion of participants' movements in the direction of the robot's cue (%) depending on cue type (gaze / gesture + gaze) and cue correctness. Bars represent mean values; errors indicate standard deviations



Рис. 3. Средние показатели эффективности робота по опроснику в баллах в зависимости от типа подсказки (взгляд / жест + взгляд) и ее правильности. Столбцы – средние значения, ошибки – стандартные отклонения

Fig. 3. Mean ratings of robot effectiveness according to the questionnaire (in points) depending on cue type (gaze / gesture + gaze) and cue correctness. Bars represent mean values; errors indicate standard deviations

Показатели субъективной оценки помех со стороны робота незначимы по данным опросника как в условиях задач с комбинированными подсказками (жест + взгляд) ($M=2,74$, $SD=1,96$) и зрительными подсказками ($M=2,55$, $SD=1,84$), так и в условиях с правильными подсказками ($M=2,78$, $SD=1,82$) и неправильными подсказками. ($M=2,51$, $SD=1,97$) (рис. 4).

Показатели субъективной сложности решения задач значимо различались в зависимости от способа подсказки ($F(3,171)=12,889$, $p<0,01$, $\eta^2p=0,07$). По данным опросника, задачи в условии с комбинированными подсказками (жест + взгляд) оценивались как более сложные ($M=4,55$, $SD=1,50$), чем в условии только со взглядом ($M=3,74$, $SD=1,46$) (рис. 5).

Показатели субъективной оценки затраченных усилий на решения задач значимо различались в зависимости от способа подсказки ($F(3,171)=17,467$, $p<0,01$, $\eta^2p=0,09$). По данным опросника, задачи в условии с комбинированными подсказками (жест + взгляд) оценивались как более сложные ($M=5,02$, $SD=1,49$), чем в условии только со взглядом ($M=4,02$, $SD=1,67$) (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты эксперимента демонстрируют, что способность робота привлекать совместное внимание зависит не только от факта подсказки, но и от ее модально-

сти и правильности. Наибольшая доля совпадающих движений наблюдалась в условиях комбинированных подсказок (жест + взгляд), причем особенно ярко это проявилось при правильных подсказках. Это указывает на то, что мультимодальные сигналы воспринимаются как более надежный ориентир.

Полученные данные подтверждают, что комбинированные подсказки (жест + взгляд) значимо эффективнее для инициации совместного внимания, чем подсказки только взглядом (рис. 2). Это согласуется с исследованиями, показывающими, что мультимодальные сигналы воспринимаются как более надежные [10]. Вероятно, указательный жест выступает пространственным якорем, который усиливает и уточняет направление, задаваемое взглядом. Интересно, что даже неправильные комбинированные подсказки вызвали больше совпадающих движений, чем правильные подсказки только взглядом (59,51 % против 80,05 %). Это может указывать на приоритет моторного сигнала над зрительным в условиях неопределенности. Субъективные оценки эффективности робота (рис. 3) подтверждают, что испытуемые не только объективно лучше следовали комбинированным подсказкам, но и воспринимали взаимодействие как более успешное. Участники оценили эффективность робота значительно выше в условиях, где указательные жесты в сочетании со взглядом, по сравнению с условиями, где использовался только взгляд



Рис. 4. Средние показатели робота как помехи по опроснику в баллах в зависимости от типа подсказки (взгляд / жест + взгляд) и ее правильности. Столбцы – средние значения, ошибки – стандартные отклонения

Fig. 4. Mean ratings of robot as a distraction according to the questionnaire (in points) depending on cue type (gaze / gesture + gaze) and cue correctness. Bars represent mean values; errors indicate standard deviations

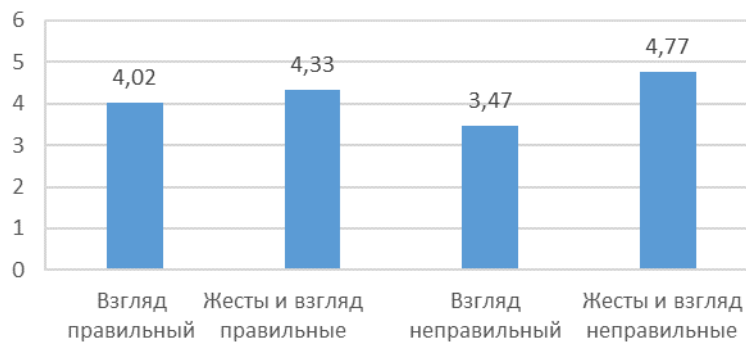


Рис. 5. Средние показатели сложности решения задачи по опроснику в баллах в зависимости от типа подсказки (взгляд / жест + взгляд) и ее правильности. Столбцы – средние значения, ошибки – стандартные отклонения

Fig. 5. Mean ratings of problem complexity according to the questionnaire (in points) depending on cue type (gaze / gesture + gaze) and cue correctness. Bars represent mean values; errors indicate standard deviations



Рис. 6. Средние показатели количества усилий, затраченных испытуемыми, по опроснику в баллах в зависимости от типа подсказки (взгляд / жест + взгляд) и ее правильности. Столбцы – средние значения, ошибки – стандартные отклонения

Fig. 6. Mean ratings of effort expended by participants according to the questionnaire (in points) depending on cue type (gaze / gesture + gaze) and cue correctness. Bars represent mean values; errors indicate standard deviations

(рис. 3). Более высокие оценки эффективности робота в условиях с жестами, вероятно, связаны с тем, что мультимодальные сигналы воспринимаются как более естественные и надежные, что подтверждается также объективными показателями следования подсказкам. Субъективные показатели испытуемых приближались к реальным показателям успешности в условиях со взглядом (как правильным, так и неправильным), в условиях с комбинированными подсказками субъективные показатели были противоположны объективным данным, так как испытуемые оценивали неправильные жестовые подсказки даже выше чем правильные. Таким образом, для дальнейшего развития дизайна человеко-роботного взаимодействия необходимо улучшить манипуляторы робота, снабдив его пальцами для большей точности и локализованности указательных жестов, а также улучшить выразительность глаз робота и четкость фокусировки взгляда на конкретных объектах.

Можно предположить, что повышенная наглядность жестовых подсказок облегчала их восприятие и тем самым привлекала больше внимания испытуемых к действиям робота.

Несмотря на то, что робот является слабым агентом совместного внимания и может действовать только в ограниченных параметрах подсказок, ему удалось имитировать совместное внимание при взаимодействии с испытуемыми. Респонденты редко сознательно отличали правильные подсказки от неправильных, и оценивая робота как полезного помощника.

Наши данные показывают интересную диссоциацию: несмотря на то, что испытуемые объективно следовали за неверными подсказками почти так же часто, как и за верными, они субъективно оценивали робота как высокоэффективного помощника. Это согласуется с представлениями о том, что ориентировка на социальные сигналы, такие как взгляд и жест, является во многом автоматическим, «имплицитным» механизмом [2; 12], который может не сопровождаться сознательным анализом их правильности. Вероятно, испытуемые не осознавали момент ошибки на уровне действия, и их последующая эксплицитная оценка формировалась на основе общего позитивного опыта взаимодействия, а не пошагового анализа успешности каждой подсказки. Как отмечается в [12], использование антропоморфных роботов часто запускает именно такую схему: автоматическая реакция на социальные сигналы сочетается с устойчивым приписыванием роботу социальных качеств, включая полезность, даже в условиях несовершенной работы.

Наши данные о том, что испытуемые следовали за подсказками робота, не осознавая их ошибочности, согласуются с современными исследованиями автоматических механизмов совместного внимания. В частности, в [19] показано, что уже после кратковременной коллаборации рука робота начинает автоматически привлекать внимание человека, даже без его сознательного контроля. Этот автоматизм, вероятно, и лежит в основе наблюдаемого нами следования за подсказками. Более того, выявленная авторами связь между восприятием компетентности робота и степенью смещения внимания объясняет, почему наши испытуемые, несмотря на ошибки робота, оценивали его как полезного помощника: сам факт успешной совместной деятельности формирует позитивный образ, который влияет на субъективную оценку сильнее, чем анализ отдельных неудач.

мирует позитивный образ, который влияет на субъективную оценку сильнее, чем анализ отдельных неудач.

Наши результаты согласуются с работами [12; 20] в которых также показано преимущество использования воплощенных роботов и мультимодальных сигналов в HRI. Тот факт, что испытуемые оценивали робота как полезного помощника, несмотря на его объективные ошибки, может быть связан с тем, что сам процесс успешной координации и адаптации робота (даже несовершенной) запускает позитивные социальные механизмы. Как показано в работе Ehrlich и соавторов [21], даже имплицитные нейронные сигналы одобрения/неодобрения могут быть использованы для обучения робота, что способствует формированию у человека образа «понятливого» и, следовательно, полезного партнера.

Высокая оценка полезности робота, несмотря на его «ошибки», может быть связана с тем, что сам факт интерактивного взаимодействия (робот пытается помочь, смотрит, показывает) вызывает у человека социально-позитивное отношение и атрибуцию «помощника» [12]. Однако мы расширили эти выводы, показав, что эффект сохраняется не только в сценариях, где робот реагирует на человека, но и когда он выступает инициатором совместного действия. В то же время, выявленное нами отсутствие различий между правильными и неправильными подсказками в комбинированных условиях при субъективной оценке испытуемыми параметров эффективности робота, помех со стороны робота, субъективной сложности задачи, затраченных усилий (рис. 3–6) не согласуются с данными [11; 14]. Участники исследования [11] лучше решали задания на нахождения соответствия карточек с изображениями в условии с помощью робота, по сравнению с условием без помощи робота. По данным [14] изменения поведения участников в различных фазах совместного внимания носят эпизодический характер. Эти расхождения могут быть связаны с тем, что респонденты редко сознательно отличали правильные подсказки от неправильных и старались следовать за всеми подсказками робота.

Показатели субъективной оценки затраченных усилий на решения задач в условиях комбинированных жестов, особенно неправильных, выше в сравнении с условиями со взглядом (рис. 6), что может быть связано с шумным перемещением шарниров робота, что могло периодически создавать отвлекающий эффект, что согласуется с данными [12].

Ограничения исследования

1. Выборка: Неравномерное распределение по полу (38 женщин, 5 мужчин при малом размере выборки ($N=43$)) не позволяют считать результаты репрезентативными для общей популяции. Академическая мотивация участия (баллы) могла повлиять на поведение. Следует учитывать, что участие в эксперименте поощрялось баллами по учебным дисциплинам, что могло создать дополнительную внешнюю мотивацию и потенциально повлиять на поведение испытуемых. В дальнейших исследованиях желательно использовать иные формы стимулирования либо проводить сравнение с группами, участвующими на добровольной основе.

2. Дизайн взаимодействия: Управление роботом удаленно оператором (парадигма «Волшебник из страны

Оз») не отражает работу полностью автономной системы и могло создавать искусственные задержки.

3. Методика измерения: Ручной анализ видеозаписей для кодирования движений может содержать субъективность. Отсутствие трекинга глаз не позволяет точно судить о визуальном внимании испытуемых.

4. Экологическая валидность: Использовалась лабораторная обстановка и специфические задачи («спичечные головоломки»), что может ограничивать перенос выводов на реальные сценарии совместной работы.

5. Технический артефакт: Шум манипуляторов робота, как отмечено в выводах, являлся неконтролируемой переменной, которая могла влиять на субъективные оценки участников.

Учет этих ограничений в дальнейших исследованиях позволит повысить валидность и обобщаемость результатов.

Дальнейшие исследования, направленные на усиление процесса имитации совместного внимания с роботом на более простых задачах другого типа, например неинсайтных задачах на решение головоломок: шахматы, танграм, логические головоломки помогут лучше изучить особенности совместного внимания применительно к взаимодействию с роботом, оценить до каких пределов антропоморфные роботы способны имитировать совместного внимания, а также способствовать созданию более человекоориентированных воплощенных роботов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Экспериментально доказана возможность имитации процесса совместного внимания антропоморфным роботом, выступающим в роли активного инициатора взаимодействия при решении пространственных задач. Данный результат является прямым подтверждением достижения цели исследования.

2. Эффективность имитации значимо повышается при использовании мультимодальных подсказок (указательный жест, совмещенный с направлением взгляда и головы) по сравнению с унимодальными (только взгляд), что проявляется как в объективных поведенческих показателях, так и в субъективных оценках участников.

3. Имитация совместного внимания в HRI является осмысленной для человека: эффективность следования подсказкам и их оценка напрямую зависят от их смысловой правильности, что указывает на возникновение подлинного взаимодействия, а не простой реакции на движение.

4. Выявленное техническое ограничение (шум манипуляторов) указывает на необходимость учета не только социальной, но и эргономической составляющей при проектировании подобных взаимодействий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Morandini S., Curro F., Parlangeli O., Pietrantoni L. Collaborative Robots Adapting Their Behavior Based on Workers' Psychological States: A Systematic Scoping Review // *Human Behavior and Emerging Technologies*. 2025. Vol. 2025. № 1. Article number 6361777. DOI: [10.1155/hbe2/6361777](https://doi.org/10.1155/hbe2/6361777).
- Garcia-Martinez J., Gamboa-Montero J.J., Castillo J.C., Castro-Gonzalez A. Analyzing the Impact of Responding to Joint Attention on the User Perception of the Robot in Human-Robot Interaction // *Biomimetics*. 2024. Vol. 9. № 12. Article number 769. DOI: [10.3390/biomimetics9120769](https://doi.org/10.3390/biomimetics9120769).
- Галин Р.Р., Серебряный В.В., Тевяшов Г.К., Широкий А.А. Взаимодействие человека и робота в коллаборативных робототехнических системах // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2020. Т. 24. № 4. С. 180–199. DOI: [10.21869/2223-1560-2020-24-4-180-199](https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-180-199).
- Cochet H., Guidetti M. Contribution of Developmental Psychology to the Study of Social Interactions: Some Factors in Play, Joint Attention and Joint Action and Implications for Robotics // *Frontiers in Psychology*. 2018. Vol. 9. Article number 1992. DOI: [10.3389/fpsyg.2018.01992](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01992).
- Urakami J., Seaborn K. Nonverbal Cues in Human–Robot Interaction: A Communication Studies Perspective // *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*. 2023. Vol. 12. № 2. P. 1–21. DOI: [10.1145/3570169](https://doi.org/10.1145/3570169).
- Jing Yang, Barragan J.A., Farrow J.M., Sundaram C.P., Wachs J.P., Denny Yu. An Adaptive Human-Robotic Interaction Architecture for Augmenting Surgery Performance Using Real-Time Workload Sensing – Demonstration of a SemiAutonomous Suction Tool // *Human Factors* 66. 2024. Vol. 4. P. 1081–1102. DOI: [10.1177/00187208221129940](https://doi.org/10.1177/00187208221129940).
- Salminen-Saari J.F.A., Moreno-Esteva E.G., Haataja E., Toivanen M., Hannula M.S., Laine A. Phases of collaborative mathematical problem solving and joint attention: a case study utilizing mobile gaze tracking // *ZDM Mathematics Education*. 2021. Vol. 53. P. 771–784. DOI: [10.1007/s11858-021-01280-z](https://doi.org/10.1007/s11858-021-01280-z).
- Anzalone S.M., Xavier J., Boucenna S., Billeci L., Narzisi A., Muratori F., Cohen D., Chetouaniet M. Quantifying patterns of joint attention during human-robot interactions: An application for autism spectrum disorder assessment // *Pattern Recognition Letters*. 2018. Vol. 118. P. 42–50. DOI: [10.1016/j.patrec.2018.03.007](https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.03.007).
- Kumazaki H., Yoshikawa Y., Yoshimura Y., Ikeda T., Hasegawa C., Saito D.N., Tomiyama S., Kyung-min An, Shimaya J., Ishiguro H., Matsumoto Y., Minabe Y., Kikuchi M. The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders // *Molecular Autism*. 2018. Vol. 9. Article number 46. DOI: [10.1186/s13229-018-0230-8](https://doi.org/10.1186/s13229-018-0230-8).
- Kim M., Kwon T., Kim K. Can Human–Robot Interaction Promote the Same Depth of Social Information Processing as Human–Human Interaction? // *International Journal of Social Robotics*. 2017. Vol. 10. P. 33–42. DOI: [10.1007/s12369-017-0428-5](https://doi.org/10.1007/s12369-017-0428-5).
- Mwangi E., Barakova E.I., Díaz-Boladeras M., Mallofré A.C., Rauterberg M. Directing Attention Through Gaze Hints Improves Task Solving in Human–Humanoid Interaction // *International Journal of Social Robotics*. 2018. Vol. 10. P. 343–355. DOI: [10.1007/s12369-018-0473-8](https://doi.org/10.1007/s12369-018-0473-8).
- Chevalier P., Kompatsiari K., Ciardo F., Wykowska A. Examining joint attention with the use of humanoid robots-A new approach to study fundamental mechanisms of social cognition // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2020. Vol. 27. № 2. P. 217–236. DOI: [10.3758/s13423-019-01689-4](https://doi.org/10.3758/s13423-019-01689-4).
- Fournier É., Jeoffrin C., Hmedan B., Pellier D., Fiorino H., Landry A. Human–Cobot Collaboration's Impact on Success, Time Completion, Errors, Workload, Gestures

- and Acceptability During an Assembly Task // *Applied Ergonomics*. 2024. Vol. 119. Article number 104306. DOI: [10.1016/j.apergo.2024.104306](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104306).
14. Hoang-Long Cao, Simut R.E., Krepel N., Vanderborcht B., Vanderfaeillie J. Could NAO Robot Function as Model Demonstrating Joint Attention Skills for Children with Autism Spectrum Disorder? An Exploratory Study // *International Journal of Humanoid Robotics*. 2022. Vol. 19. № 4. Article number 2240006. DOI: [10.1142/S0219843622400060](https://doi.org/10.1142/S0219843622400060).
 15. Okafuji Y., Baba J., Nakanishi J., Kuramoto I., Ogawa K., Yoshikawa Y., Ishiguro H. Can a humanoid robot continue to draw attention in an office environment? // *Advanced Robotics*. 2020. Vol. 34. № 14. P. 931–946. DOI: [10.1080/01691864.2020.1769724](https://doi.org/10.1080/01691864.2020.1769724).
 16. Knoblich G., Ohlsson S., Haider H., Rhenius D. Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1999. Vol. 25. № 6. P. 1534–1555. DOI: [10.1037/0278-7393.25.6.1534](https://doi.org/10.1037/0278-7393.25.6.1534).
 17. Спиридонов В.Ф., Ерофеева М.А., Кловыйт Н.О., Ардисламов В.В., Морозов М.И., Здилар С. Репликация эффектов интерактивного решения задач спичечной алгебры // *Психологические исследования*. 2021. Т. 14. № 79. С. 1–46. DOI: [10.54359/ps.v14i79.119](https://doi.org/10.54359/ps.v14i79.119).
 18. Öllinger H.M., Jones G., Knoblich G. Heuristics and representational change in two-move matchstick tasks // *Advances in Cognitive Psychology*. 2006. Vol. 2. № 4. P. 239–253. DOI: [10.2478/v10053-008-0059-3](https://doi.org/10.2478/v10053-008-0059-3).
 19. Scorza Azzarà G., Zonca J., Rea F., Joo-Hyun Song, Sciutti A. Collaborating with a robot biases human spatial attention // *iScience*. 2025. Vol. 28. № 7. Article number 112791. DOI: [10.1016/j.isci.2025.112791](https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112791).
 20. Pöysä-Tarhonen J., Shupin Li, Hautala J., Awwal N., Häkkinen P. Making the Invisible Visible: Exploring Joint Attention Behaviour in Remote Collaborative Problem-Solving // *Journal of Computer Assisted Learning*. 2025. Vol. 41. № 4. Article number e70068. DOI: [10.1111/jcal.70068](https://doi.org/10.1111/jcal.70068).
 21. Ehrlich S.K., Dean-Leon E., Tacca N., Armleder S., Dimova-Edeleva V., Gordon Cheng. Human-robot collaborative task planning using anticipatory brain responses // *PLoS ONE*. 2023. Vol. 8. № 7. Article number e0287958. DOI: [10.1371/journal.pone.0287958](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287958).
 2. Cochet H., Guidetti M. Contribution of Developmental Psychology to the Study of Social Interactions: Some Factors in Play, Joint Attention and Joint Action and Implications for Robotics. *Frontiers in Psychology*, 2018, vol. 9, article number 1992. DOI: [10.3389/fpsyg.2018.01992](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01992).
 5. Urakami J., Seaborn K. Nonverbal Cues in Human–Robot Interaction: A Communication Studies Perspective. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, 2023, vol. 12, no. 2, pp. 1–21. DOI: [10.1145/3570169](https://doi.org/10.1145/3570169).
 6. Jing Yang, Barragan J.A., Farrow J.M., Sundaram C.P., Wachs J.P., Denny Yu. An Adaptive Human-Robotic Interaction Architecture for Augmenting Surgery Performance Using Real-Time Workload Sensing – Demonstration of a SemiAutonomous Suction Tool. *Human Factors* 66, 2024, vol. 4, pp. 1081–1102. DOI: [10.1177/00187208221129940](https://doi.org/10.1177/00187208221129940).
 7. Salminen-Saari J.F.A., Moreno-Esteve E.G., Haataja E., Toivanen M., Hannula M.S., Laine A. Phases of collaborative mathematical problem solving and joint attention: a case study utilizing mobile gaze tracking. *ZDM Mathematics Education*, 2021, vol. 53, pp. 771–784. DOI: [10.1007/s11858-021-01280-z](https://doi.org/10.1007/s11858-021-01280-z).
 8. Anzalone S.M., Xavier J., Boucenna S., Billeci L., Narzisi A., Muratori F., Cohen D., Chetouaniet M. Quantifying patterns of joint attention during human-robot interactions: An application for autism spectrum disorder assessment. *Pattern Recognition Letters*, 2018, vol. 118, pp. 42–50. DOI: [10.1016/j.patrec.2018.03.007](https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.03.007).
 9. Kumazaki H., Yoshikawa Y., Yoshimura Y., Ikeda T., Hasegawa C., Saito D.N., Tomiyama S., Kyung-min An, Shimaya J., Ishiguro H., Matsumoto Y., Minabe Y., Kikuchi M. The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders. *Molecular Autism*, 2018, vol. 9, article number 46. DOI: [10.1186/s13229-018-0230-8](https://doi.org/10.1186/s13229-018-0230-8).
 10. Kim M., Kwon T., Kim K. Can Human–Robot Interaction Promote the Same Depth of Social Information Processing as Human–Human Interaction? *International Journal of Social Robotics*, 2017, vol. 10, pp. 33–42. DOI: [10.1007/s12369-017-0428-5](https://doi.org/10.1007/s12369-017-0428-5).
 11. Mwangi E., Barakova E.I., Díaz-Boladeras M., Mallofré A.C., Rauterberg M. Directing Attention Through Gaze Hints Improves Task Solving in Human–Humanoid Interaction. *International Journal of Social Robotics*, 2018, vol. 10, pp. 343–355. DOI: [10.1007/s12369-018-0473-8](https://doi.org/10.1007/s12369-018-0473-8).
 12. Chevalier P., Kompatsiari K., Ciardo F., Wykowska A. Examining joint attention with the use of humanoid robots-A new approach to study fundamental mechanisms of social cognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2020, vol. 27, no. 2, pp. 217–236. DOI: [10.3758/s13423-019-01689-4](https://doi.org/10.3758/s13423-019-01689-4).
 13. Fournier É., Jeoffrion C., Hmedan B., Pellier D., Fiorino H., Landry A. Human-Cobot Collaboration’s Impact on Success, Time Completion, Errors, Workload, Gestures and Acceptability During an Assembly Task. *Applied Ergonomics*, 2024, vol. 119, article number 104306. DOI: [10.1016/j.apergo.2024.104306](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104306).
 14. Hoang-Long Cao, Simut R.E., Krepel N., Vanderborcht B., Vanderfaeillie J. Could NAO Robot Function as Model Demonstrating Joint Attention Skills for Children with Autism Spectrum Disorder? An Exploratory Study. *International Journal of Humanoid Robotics*, 2022, vol. 19, no. 4, article number 2240006. DOI: [10.1142/S0219843622400060](https://doi.org/10.1142/S0219843622400060).

REFERENCES

1. Morandini S., Curro F., Parlangei O., Pietrantoni L. Collaborative Robots Adapting Their Behavior Based on Workers’ Psychological States: A Systematic Scoping Review. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2025, vol. 2025, no. 1, article number 6361777. DOI: [10.1155/hbe2/6361777](https://doi.org/10.1155/hbe2/6361777).
2. Garcia-Martinez J., Gamboa-Montero J.J., Castillo J.C., Castro-Gonzalez A. Analyzing the Impact of Responding to Joint Attention on the User Perception of the Robot in Human-Robot Interaction. *Biomimetics*, 2024, vol. 9, no. 12, article number 769. DOI: [10.3390/biomimetics9120769](https://doi.org/10.3390/biomimetics9120769).
3. Galin R.R., Serebrennyy V.V., Tevyashov G.K., Shirokiy A.A. Human-robot interaction in collaborative robotic systems. *Proceedings of Southwest State University*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 180–199. DOI: [10.21869/2223-1560-2020-24-4-180-199](https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-180-199).

15. Okafuji Y., Baba J., Nakanishi J., Kuramoto I., Ogawa K., Yoshikawa Y., Ishiguro H. Can a humanoid robot continue to draw attention in an office environment? *Advanced Robotics*, 2020, vol. 34, no. 14, pp. 931–946. DOI: [10.1080/01691864.2020.1769724](https://doi.org/10.1080/01691864.2020.1769724).
16. Knoblich G., Ohlsson S., Haider H., Rhenius D. Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1999, vol. 25, no. 6, pp. 1534–1555. DOI: [10.1037/0278-7393.25.6.1534](https://doi.org/10.1037/0278-7393.25.6.1534).
17. Spiridonov V.F., Erofeeva M.A., Klovayt N.O., Ardislamov V.V., Morozov M.I., Zdilar S. Interactive problem solving revisited: replicating the effects of interactivity using matchstick algebra problems. *Psychological studies*, 2021, vol. 14, no. 79, pp. 1–46. DOI: [10.54359/ps.v14i79.119](https://doi.org/10.54359/ps.v14i79.119).
18. Öllinger H.M., Jones G., Knoblich G. Heuristics and representational change in two-move matchstick tasks. *Advances in Cognitive Psychology*, 2006, vol. 2, no. 4, pp. 239–253. DOI: [10.2478/v10053-008-0059-3](https://doi.org/10.2478/v10053-008-0059-3).
19. Scorza Azzarà G., Zonca J., Rea F., Joo-Hyun Song, Sciutti A. Collaborating with a robot biases human spatial attention. *iScience*, 2025, vol. 28, no. 7, article number 112791. DOI: [10.1016/j.isci.2025.112791](https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112791).
20. Pöysä-Tarhonen J., Shupin Li, Hautala J., Awwal N., Häkkinen P. Making the Invisible Visible: Exploring Joint Attention Behaviour in Remote Collaborative Problem-Solving. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2025, vol. 41, no. 4, article number e70068. DOI: [10.1111/jcal.70068](https://doi.org/10.1111/jcal.70068).
21. Ehrlich S.K., Dean-Leon E., Tacca N., Armleder S., Dimova-Edeleva V., Gordon Cheng. Human-robot collaborative task planning using anticipatory brain responses. *PLoS ONE*, 2023, vol. 8, no. 7, article number e0287958. DOI: [10.1371/journal.pone.0287958](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287958).

UDC 159.9.072

doi: <https://doi.org/10.18323/3034-2996-2026-1-64-3>

Imitation of Joint Attention in Human-Robot Interaction (HRI) during Two-Matchstick Problem Solving

Anastasia N. Stolyarova, postgraduate student, research engineer

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow (Russia)
National Research Center Kurchatov Institute, Moscow (Russia)

E-mail: anastasiyas050298@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7155-0426>

Received 06.02.2026

Revised 19.03.2026

Accepted 19.03.2026

Abstract: Problem. In the field of human-robot interaction (HRI), despite the development of anthropomorphic robots capable of initiating joint attention, it remains unclear how different types of cues (gesture+gaze vs. gaze only) and their accuracy influence automatic human following and subjective evaluation of the interaction. **Aim.** To compare the effectiveness of different types of cues from an anthropomorphic robot (pointing gestures combined with gaze and gaze-only cues) in a task requiring joint attention, as well as to assess the influence of cue accuracy on participants' behaviour. **Methods.** The study involved 43 students from RANEPА (Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration): 38 females and 5 males aged 19 to 27 years ($M=20.51$; $SD=1.82$). The number of participant movements following the robot's cues and coinciding with the cue direction was evaluated to assess the effectiveness of the robot's cues in each condition. To study participants' reactions to the cues after each task, a questionnaire based on Danek's metacognitive scales was used. **Results.** The results demonstrated the robot's ability to imitate the process of joint attention during problem-solving with the participant. The hypothesis regarding the greater effectiveness of robot cues using pointing gestures combined with gaze and head movement compared to gaze-only cues was confirmed. The hypothesis regarding the greater effectiveness of correct cues compared to incorrect robot cues was confirmed. **Conclusions.** The robot's ability to imitate the joint attention process during problem-solving with the participant was demonstrated; participants paid attention to the robot's cues and attempted to follow them in both correct and incorrect cue conditions. However, in the condition with correct cues, the percentage of response attempts coinciding with the cue direction was significantly higher than in the condition with incorrect cues.

Keywords: Human-Robot Interaction; HRI; anthropomorphic robots; joint attention; gaze and gesture cues; modified Knoblich tasks; Danek's metacognitive scales

Acknowledgements: This work was carried out within the state assignment to the National Research Center "Kurchatov Institute". The development of the methodology, including the experimental conditions, gestures, and communication strategies of the anthropomorphic interface, was carried out as part of the state assignment of the Kurchatov Institute National Research Center. The statistical analysis of the experimental results, including comparisons of the experimental conditions and the analysis of the participants' subjective and behavioral assessments, was carried out as part of the Russian Science Foundation grant No. 25-78-10154, <https://rscf.ru/project/25-78-10154/>.

For citation: Stolyarova A.N. Imitation of Joint Attention in Human-Robot Interaction (HRI) during Two-Matchstick Problem Solving. *Evidence-based education studies*, 2026, no. 1, pp. 27–36. DOI: <https://doi.org/10.18323/3034-2996-2026-1-64-3>.