

ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА

УДК 159.9

ГРНТИ 15.81.31

КОГНИТИВНЫЕ КАРТЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ¹

©2024 г. М.М. Князьков *, М.В. Михайлюк **, Ю.А. Бубеев ***,
В.М. Усов ****

* *Кандидат технических наук, старший научный сотрудник; лаборатория робототехники и мехатроники, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН (ИПМех РАН), Москва, Россия
e-mail: ipm_labrobotics@mail.ru*

** *Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом, Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований РАН (НИИСИ РАН), Москва, Россия
e-mail: mix@niisi.ras.ru*

*** *Доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия
e-mail: bubeev@imbr.ru*

**** *Доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории психологических и психофизиологических исследований, Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия
e-mail: khoper.1946@gmail.com*

¹ Работа выполнена в рамках Программы Фундаментальных научных исследований РАН FMFR-2024-0034.

Интенсивное внедрение беспилотных транспортных средств (БТС) сопровождается возрастанием интереса к изучению роли человека-оператора (далее оператора) в различных условиях их применения. В частности, создаются проекты выполнения ответственных операций с использованием БТС для транспортировки грузов и людей при проведении спасательных работ. При этом в интересах обеспечения надежности и безопасности в рассмотрение включаются неблагоприятные условия навигации и позиционирования БТС, которые требуют вмешательства оператора в управление для предотвращения инцидентов. В интересах участия оператора в решении навигационных задач и контроля перемещения БТС во внешней среде одно из актуальных направлений психологии представлено изучением способов актуализации операторской активности и создания условий репродукции ранее сформированных знаний о способах решения задачи в неопределенной ситуации. В статье анализируются существующие подходы из области информатики, психологии и когнитивных наук по использованию графических и вербальных форм представления информации оператору при использовании для локальной навигации БТС визуальных ориентиров на местности. Выбор оператором маршрута перемещения БТС и рациональных маневров может быть облегчен применением когнитивных карт, которые создаются на основе ментальных репрезентаций оператора о способах действий в условиях риска инцидентов. Настоящий обзор имеет методологическую направленность и основан на литературном анализе результатов исследований в области человеко-машинного взаимодействия при образно-визуальной навигации с учетом психологических закономерностей репродукции знаний о возможных рисках и вариантах выбора маневров БТС в дополнение к оперативно получаемым данным автоматической навигации.

Ключевые слова: беспилотные транспортные средства, оператор, навигация и позиционирование, предотвращение коллизий, поддержка принятия решений, когнитивная карта.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость создания для оператора БТС адекватных условий контроля текущей обстановки повышает актуальность построения интеллектуального человеко-машинного интерфейса с использованием графических и вербальных форм представления информации. Ввиду возможных коллизий БТС на маршруте в сложных условиях внешней среды перед оператором стоит задача выявлять возможные проблемные ситуации, оперативно распознавать и идентифицировать вероятные непредусмотренные отклонения позиционирования БТС от заданного пути (Назарова с соавт., 2019; Païret et al., 2021; Мелехин с соавт., 2024; Лавренов с соавт., 2019).

В дополнение к широко распространенному методу позиционирования с помощью глобальных систем спутниковой навигации (ГССН) в настоящее время активно изучаются методы автоматической навигации на базе бортовых измерительных систем для одновременной картографии и разведки пути (Голубов с соавт., 2024; Филимонов с соавт., 2019; Микишанина с соавт., 2019) и способы визуально-образной навигации, которые позволяют органично сочетать возможности распознавания и идентификации объектов внешней среды (на базе технологий компьютерного зрения в составе ИИ современных мобильных роботов) и зрительных способностей человека по опознанию навигационных ориентиров (Першина с соавт., 2019; Карпова, 2021; Жук с соавт., 2020). Такое взаимодействие направлено на оценку точности позиционирования в заранее предусмотренных локациях по данным от разных каналов измерений, то есть контроль навигации в режиме реального времени.

Понимание необходимости расширения состава методов навигации при возможном ограничении доступа к ГССН или действию помех для связи и коммуникации при выполнении с участием оператора ответственных операций с использованием БТС для транспортировки грузов и людей (при проведении поисковых и эвакуационно-спасательных работ и др.) привело к появлению проектов робототехнических платформ, в которых используются комбинированные решения по позиционированию и навигации, что открывает возможности унификации модульного построения и комплексирования данных для их рационального представления (визуализации) оператору в контуре контроля БТС (Тачков с соавт., 2022; Савельев, 2022; Лопота с соавт., 2020).

Речь идёт о применении технологий искусственного интеллекта (ИИ) для комплексирования данных, полученных из разных источников (от сенсоров и датчиков БТС и от внешних маяков локальной навигации), и отображения их оператору в доступном для восприятия виде, опираясь на те образно-визуальные средства представления ориентиров на маршруте, использование которых в составе интерфейса оператора с БТС повышает качество принимаемых человеком решений.

В частности, рациональное представление информации о предпочтительных видах маневров на маршруте может опираться на графические, вербальные и инструментальные данные, используемые для надежного распознавания ориентиров с заранее известными координатами. В определенном смысле можно говорить о визуально-образной и семантической разметке маршрута перемещения БТС, благодаря которой у оператора актуализируются ментальные репрезентации о пространственных соотношениях тех объектов, коллизии с которыми несут риски предпосылок к транспортным происшествиям. Опора на ментальные репрезентации, как части ментального опыта оператора, может способствовать надежности принятия решения в оперативном режиме контроля текущей ситуации.

Цель работы состоит в обосновании целесообразности включения в состав человеко-машинного интерфейса контента когнитивных карт, с помощью которых формируются ментальные репрезентации оператора БТС по вопросам обеспечения безопасности транспортной операции, производится выбор решений, снижающих риски коллизий.

Для предварительного этапа формирования и формализации контента когнитивных карт может быть применен аппарат построения дорожной карты на базе графоаналитических моделей и спецификации экспертом предпочтительных маршрутов БТС (Лю, 2018; Казаков с соавт., 2016), включающим описание характерных визуально распознаваемых ориентиров и спецификацию атрибутов отрезков маршрута между этими контрольными точками на маршруте (протяженность, наличие препятствий, близость опасных объектов и образований, условия освещенности и т.д.). Тем самым, для формирования ментальных репрезентаций оператора строятся диаграммы, отображающие связи объектов и позволяющие вскрывать их взаимовлияние, важное для принятия решений.

При таком применении проявляется двойственный характер использования на практике концепции когнитивных карт. С психологической точки зрения рассматривается

визуальное представление ментальной модели человека о пространственной организации внешней среды, а в рамках математических подходов с помощью компьютерного моделирования создается графовая модель специального вида о сложной слабо структурированной ситуации в виде причинно-следственных связей между объектами, согласно современной трактовке онтологии как графа знаний.

Исходя из этой методической посылки и на алгоритмической основе построения дорожной карты, предлагается решать задачи структурирования знаний о глобальном алгоритме маршрутизации БТС, построении пути с избеганием коллизий и поддержки принятия решений оператора с привлечением экспертно-обусловленных знаний рациональных маневров при отклонении БТС от предписанного маршрута в заданных точках контроля на маршруте.

Мотивация выбора направления исследования определяется методологией представления знаний о пространственно-временных навигационных данных при сочетании материалов многомодальной направленности с формализованным описанием маршрута движения БТС по заданным визуальным ориентирам для локальной навигации. В случаях большой погрешности получаемых данных от доступных средств навигации, выявляются преимущества естественного интеллекта по принятию решения в условиях высокой неопределенности на основе ментальных репрезентаций и личного опыта индивида.

Настоящее исследование охватывает следующий перечень вопросов:

1) когнитивная составляющая в деятельности оператора и пути построения интеллектуального интерфейса оператора с БТС на базе соответствующего контента в формате когнитивных карт;

2) особенности визуальной локальной навигации с использованием навигационных ориентиров с учетом состояния инфраструктуры навигационного обеспечения и возможностей доступа оператора к навигационной информации автоматического контура

управления БТС для бесконфликтного перемещения БТС в слабо структурированной среде;

3) уточнение психологического базиса проектного решения информационной поддержки оператора, когда происходит объединение в составе единой системы, с одной стороны, визуальное отображение контента когнитивной карты на базе разметки дорожной карты визуальными ориентирами, а с другой, — опосредованных системой искусственного интеллекта 2D- и 3D-форматов представлений данных автоматической навигации на маршруте с применением бортовых инструментальных средств БТС (лазерных дальномеров, инерциальных модулей, систем компьютерного зрения и др.).

ПОСТРОЕНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ НАВИГАЦИИ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БТС

Следуя работе (Обознов с соавт., 2021), будем рассматривать в качестве объекта управления оператором БТС, предназначенное для перевозок людей и грузов (Каплина с соавт., 2023), в том числе, в условиях, не подготовленных специально для навигации беспилотного транспорта (Спасский, 2017; Градецкий с соавт., 2016).

При автоматической навигации БТС предполагается наличие в их составе бортового оборудования — измерительных систем и датчиков для ведения разведки и картографирования и систем на базе ИИ. Наиболее сложные вопросы возникают в контексте определения влияния уровня автономности БТС и наличия систем ИИ на возможности принятия оператором итогового решения о вариантах выбора пути и способах предотвращения коллизий БТС на маршруте. В контексте вопросы допустимого уровня автономии роботов при взаимодействии с человеком обсуждаются в работах (Beer et al., 2014; Ермолов с соавт., 2016; Спасский, 2017; Мелехин с соавт., 2023). В целом, выраженной тенденцией в экстремальной робототехнике является разработка систем управления и навигации мобильных роботов на базе ИИ в интересах повышения уровня автономности, расширения диапазона средств адаптации к сложной внешней среде, но при этом одновременно констатируется необходимость определения

условий и показаний к вмешательству оператора в управление БТС для обеспечения безопасности (Мелехин с соавт., 2023).

Одно из перспективных направлений разработки мобильных автономных роботов представлено созданием образцов для передвижения в заранее неопределенной среде, которые обладают автономной системой навигации и для которых предусмотрена возможность подключения к управлению оператора через интеллектуальный интерфейс (Ющенко с соавт., 2017). При этом технологии ИИ могут применяться не только в исполнительном контуре управления мобильных роботов, но и для выполнения ряда других значимых для надежной навигации функций, включая обработку сенсорной информации, формирование моделей внешней среды, идентификации проблемных ситуаций, требующих принятия решений, а также поддержку коммуникации с оператором. В частности, в публикации (Ющенко с соавт., 2017) отмечается, что система навигации может быть построена таким образом, что мобильный робот способен автономно (с помощью системы датчиков и сенсоров для сбора данных из окружающей среды) оценивать окружающую обстановку и планировать свой путь, в том числе, и при наличии других движущихся объектов в рабочей зоне, а оператору посредством развитой системы визуализации обеспечиваются условия адекватного восприятия текущей сцены для контроля обстановки.

Предназначение интеллектуального интерфейса можно рассматривать и в более широком контексте предоставления оператору осведомительных сведений о пространственных перемещениях БТС таким образом, чтобы он мог осуществлять контроль соответствия изменений обстановки на маршруте заранее предписанным условиям и составленным планам. Это представляется значимым в том плане, что функционирование БТС в сложной среде может потребовать экстренного вмешательства оператора для предотвращения непредусмотренных ситуаций, когда возникают риски столкновений с искусственными и естественными объектами.

В этой связи возрастает необходимость реализации в составе интерфейса оператор — БТС способов улучшения восприятия с учетом достижений когнитивных наук применительно к актуализации процессов мысленной репрезентации навигационных сцен и с учетом психологических особенностей ведения оператором пространственной ориентировки (Бубеев с соавт., 2021).

При изучении проблем адаптации человека к сложной информационной среде, построенной с применением ИИ, большое значение придается исследованиям понятийной познавательной деятельности. В работе (Холодная, 2024), сформулировано положение о том, что «в условиях реальной жизнедеятельности человека ключевую роль играет способность к концептуализации происходящего (способность строить объективированные ментальные репрезентации ситуации с опорой на ее критические признаки, соотносить ее частные и общие аспекты, учитывать ее контекст, предлагать различные, в том числе альтернативные варианты ее интерпретации».

Исходя из этого положения, на этапе планирования транспортной операции целесообразно в формализованном виде описать условия выполнения предстоящей задачи и далее, в составе средств информационной поддержки интеллектуальной деятельности оператора, обеспечить графическую визуализацию условий принятия решения. Для такого рода формализации разрабатываются вычислительные методы построения «графов представления пути».

Вопросы формирования визуально-образных представлений о вариантах выбора маневров в конкретных локациях на маршруте перемещения БТС тесно связаны с задачами построения сценариев перемещения БТС при локальной визуальной навигации.

При разработке взаимодействия оператор — БТС в качестве основных этапов формирования сценария деятельности могут рассматриваться следующие:

— задание оператору посредством инструктивного предписания предстоящего маршрута, описания начальной и конечной точек, визуальных ориентиров в которых принимаются решения о выборе маршрута из числа имеющихся в наличии;

- освоение оператором способов визуального опознавания ориентиров;
- получение представления о ресурсных ограничениях выбора маршрута;
- получение знаний о потенциальной сложности задачи управления с обходом препятствий, в зависимости от характера поверхности и наличия естественных препятствий движению БТС.

В литературе по экстремальной робототехнике один из подходов к решению задач навигации мобильных роботов связывают с возможностью визуально-образной навигации, что представляет интерес с точки зрения достижения подобия тем механизмам, которые заимствуются разработчиками мобильной робототехники из живой природы. В работе (Першина с соавт., 2019) рассмотрены перспективные методы визуальной навигации мобильного робота, исходя из предпосылок построения особого вида картографических моделей окружающего пространства на основе набора визуально воспринимаемых объектов для решения навигационных задач и определения местоположения аппарата. Основное новое предположение состоит в том, что реализация и обеспечение автономной навигации мобильного робота могут исходить из представления окружающего пространства, соответствующего навигационному регуляторному образу оператора. Этим решением объединяется зрительное и семантическое представление об окружающей среде, что в перспективе может быть той понятийной основой, которая обеспечивает взаимное информирование оператора и БТС для определения местоположения и контроля выбора направления перемещения БТС к ближайшей на карте локальной цели с использованием цепочек визуальных ориентиров (навигационных маяков).

Существенно, что выполнение требования безопасности перемещения на мобильном транспортном средстве типа БТС требует введения в рассмотрение специальных визуальных ориентиров — маяков которые могут быть достаточно легко распознаны оператором относительно которых известны их размеры и взаимные расстояния в некоторой системе координат. Эти опорные точки навигации дают

возможность существенно расширить возможности оператора по контролю автоматических режимов навигации и управления.

КОГНИТИВНЫЕ КАРТЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА БЕЗОПАСНОГО МАРШРУТА

Вопросы применения когнитивных карт представляют методический интерес с точки зрения психологической направленности и в плане формализации описания представлений оператора о выборе маршрута и маневров при подготовке конкретной транспортной операции БТС. Если исходить из базовой посылки о необходимости информационной поддержки когнитивной деятельности оператора с учетом его приоритетной роли в сфере целеполагания, то, в первую очередь, стоит задача построить с помощью современных технологий общую целостную картину предстоящей деятельности и условия принятия решений, включая сведения сценарного характера о возможной вариативности достижения промежуточных целей и способов решения локальных задач, динамической смены приоритетов и др.

С этими методическими посылками связаны поиски адекватных форм построения информационной среды деятельности, включая реализацию сценарного подхода к проектированию последовательности действий на подготовительном этапе принятия решений с выделением потенциально возможных проблемных ситуаций ввиду рисков коллизий и/или рисков непредусмотренного выхода за рамки предустановленного общего плана из-за ошибок локализации на местности.

В работе (Tolman, 1948) впервые было дано представление о когнитивных картах как некоей основе пространственной ориентировки на основе общих для живых существ механизмов. В настоящее время это понятие широко применяется в прикладных исследованиях в социальных науках, географии, психологии (Митин, 2018), нейрофизиологии и когнитивной психологии (Найссер, 1981; Peer, et al., 2021), несмотря на то, что о его содержании продолжают дискуссии.

Среди трактовок термина «ментальные карты», приведенных в обзоре (Митин, 2018), приведен подход, предполагающий расширение визуально-образного представления традиционных карт территорий, ориентированных на потребности индивида в изучении окружающего пространства. Это означает применительно к цифровой карте местности необходимость создания индивидуально-ориентированных иллюстративных документов к выбранному маршруту БТС, как в форме текста, графических материалов, так и голосовых комментариев с привязкой к ориентирам, опасным объектам на поверхности, целеуказания альтернативных маршрутов на точках пересечения проложенных путей и пр. Такое назначение визуально-образного контента в составе цифровой карты можно рассматривать как дополнительный инструмент, посредством которого человек организует свою деятельность на конкретной территории.

Особо отметим, что образная картина предстоящего маршрута и его окружения включает возможные объекты коллизий и помех, что отражает прагматическую направленность содержания когнитивной карты, а способность оператора по памяти восстановить такое представление может быть использовано в качестве критерия его готовности к контролю автоматической навигации и перехода в режим ручного пилотирования при значимых отклонениях от заданного маршрута.

Базовые определения, задающие понимание когнитивных карт, как ментальных репрезентаций о пространственной организации окружающей среды, обсуждаются в публикациях (Wang, 2016; Чапля, 2019; Авдеева, 2010).

Виды когнитивных карт применительно к задаче маршрутизации перечислены в работе (Wang, 2016):

- карта-путь, как последовательное представление связей между объектами по определенному маршруту;
- карта-обозрение, как одновременное представление пространственного расположения объектов.

В отечественной психологии ментальная репрезентация рассматривается как результат отображения внешнего мира в виде системы сложившихся представлений (образа), входящих в индивидуальный опыт субъекта деятельности (Прохоров, 2021). В цитированных литературных источниках также указывается, что, в свою очередь, ментальные репрезентации являются составной частью (компонентом) структуры, входящей в ментальный опыт субъекта. Этот опыт можно сформировать не только в реальной деятельности оператора, то также и с применением имитационных компьютерных моделей в тех случаях, когда по соображениям безопасности и стоимости накопление пользовательского опыта в реальных условиях ограничено.

Процесс формирования ментального опыта может включать в себя построение субъектом когнитивных карт, как ориентировочных когнитивных схем действий, связанных с перемещением в окружающей среде. При применении когнитивных карт в интересах построения человеко-машинного интерфейса необходимо учитывать особенности временной организации транспортных операций, поскольку сценарий их выполнения представляет собой разновидность когнитивных структур, способствующих мысленному воспроизведению ожидаемой временной последовательности событий (Прохоров, 2021).

ВЫВОДЫ

1. В настоящей работе представлен литературный обзор по вопросам совершенствования информационного обеспечения и поддержки интеллектуальной деятельности оператора БТС при перемещении в сложной внешней среде в условиях возможной ограниченной поддержки от ГНСС, что приводит к необходимости ориентироваться на методы локальной визуальной навигации и актуализацию когнитивных возможностей оператора по выявлению рисков коллизий.

2. Для безопасного выполнения транспортной операции в оперативном режиме поддержки принятия решений оператора БТС о вмешательстве в управление предложено использовать графическое и вербальное представление вспомогательной информации в

форме контента когнитивных карт о предпосылках возможных коллизий на маршруте и вариантах выполнения рациональных маневров.

3. Структурирование знаний, полученных методами интерактивных расчетов в ходе предварительного построения дорожной карты и выбора рационального маршрута, лежит в основе формирования ментального опыта и создает благоприятные предпосылки для актуализации когнитивных возможностей оператора при принятии решения о рациональных способах действий в проблемной ситуации.

4. В настоящее время правомерен такой подход к планированию маршрута, который позволяет последовательно строить предварительный маршрут перемещения БТС на местности, а затем его корректировать по результатам сбора данных о позиционировании в ходе реализации транспортной задачи с помощью бортовых систем дальнометрии и компьютерного зрения и бортовых систем локальной навигации. Для повышения безопасности перемещения людей на БТС необходимо постоянно наращивать объем базы знаний в объеме дорожной карты местности и расширять состав контента когнитивной карты, совершенствовать формы графического представления знаний для облегчения восприятия в условиях временных ограничений.

5. Актуальность использования категории «когнитивная составляющая деятельности» оператора в сложных системах управления и навигации БТС связана с необходимостью описания обобщенных характеристик надежности человеческого звена, которые значимо влияют на обеспечение безопасности функционирования высоко автоматизированных роботизированных систем в нестандартных условиях и в проблемных ситуациях.

6. Формирование у человека ментальных репрезентаций о лимитирующих факторах прохождения маршрута БТС способствует актуализации мыслительной активности оператора посредством репродукции знаний об особенностях локаций на предписанном маршруте движения и о рекомендуемых действиях при высоком риске коллизий и последующего инцидента.

7. Назначение интеллектуального интерфейса оператора на борту БТС состоит в создании для оператора по многомодальной информации, собираемой с помощью бортовых средств и приемных устройств сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), реалистичного образа текущих событий, и в этом заключены возможности решения вопросов безопасности взаимодействия в человеко-машинных системах, опосредованных системами ИИ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Актуальность расширения информационной поддержки оператора в осложненной обстановке со стороны ИИ в большинстве случаев вытекает из необходимости оперативного поиска и идентификации наиболее вероятных причин возникновения проблемной ситуации, среди которых могут быть отказы техники, исчерпание энергетических ресурсов, помехи в работе бортовых измерительных систем, снижение качества навигационного обеспечения, сбой каналов коммуникации и др. В этой области заметен наибольший прогресс на пути достижения высокой степени адаптивности, автономности и надежности мобильных роботов в слабо структурированной среде, и именно эти возможности интеллектуальных систем могут быть основой для улучшения информационного обеспечения оператора при предотвращении проблемных ситуаций. За счет использования возможностей современных интеллектуальных систем обеспечить автоматический контроль работоспособности основных контуров управления системами БТС и состояния внешней среды решается задача представления оперативной информации оператору и применения режимов визуализации, облегчающих восприятие и перекодирование навигационной обстановки для оперативного «включения» оператора в управление при выявлении рисков коллизий БТС.

В данном исследовании внимание сосредоточено на проблемных ситуациях, связанных рисками выхода на нерасчетные траектории перемещения БТС, близости к локациям опасных объектов, возможных коллизий с учётом предусмотренных контентом когнитивной карты способов их предотвращения.

Введение в эксплуатацию БТС требует учета этого обстоятельства при распределении функций в человеко-машинных системах с учетом преимуществ естественного интеллекта в отношении способности глобального видения задач операторской деятельности, возможности целеполагания и понимания назначения осуществляемой транспортной операции, в том числе, при не прогнозируемом изменении обстановки, исчерпании доступных ресурсов, отказах техники и др. В этой связи один из первых ключевых вопросов обзора посвящен публикациям, из которых вытекают основания включения человека в контур управления мобильными БТС с полномочиями контроля навигации и управления аппаратами, для которых предусмотрены как автоматические режимы управления и навигации, так и участие в управлении ими оператора на основании ведения пространственной ориентировки по визуально опознаваемым ориентирам.

Обоснование человеко-ориентированного способа построения навигации и управления БТС, в частности, при визуальной локальной навигации, составило одно из ключевых направлений настоящего обзора. Его значимость определяется тем, что уровень планирования (целеполагания) и приоритетная возможность вмешательства в выбор навигационного маршрута и/или прекращения движения должны оставаться в ведении оператора при возможно полном использовании инструментальных бортовых средств для сбора многомодальной информации об окружающей среде, автоматического уклонения от столкновений в реальном масштабе времени и для ее представления оператору в доступной для восприятия форме. Построение на этой основе картины мира с помощью технологий ИИ предшествует принятию решения на исполнение действий по выбору маневра на маршруте, предустановленном на стадии планирования транспортной операции БТС. За оператором закрепляется наиболее важная функция на стратегическом уровне навигации транспортного средства — целеполагания, планирование и предписание прохождения конкретного маршрута, контроля

правильности выбора маневров на маршруте, учета доступных ресурсов для предстоящей транспортной операции.

Органичное сочетание преимуществ естественного и искусственного интеллекта составляет одно из базовых условий обеспечения когнитивной деятельности оператора, согласования уровней управления БТС, глобального целеполагания (планирования транспортной операции) и локального (тактического, в контексте текущей ситуации).

Исходя из этого положения, для выполнения поставленной задачи необходимо наличие у оператора целостного представления о предстоящей транспортной задаче, связанной с детальной проработкой циклограммы работ, знания доступных ресурсов, технических параметров транспортного средства, возможных рисков коллизий на путях перемещения БТС и др.

В целом этот состав действий предполагает наличие предварительного этапа планирования транспортной операции БТС, на котором уточняются задачи построения объективной картины состава возможных действий, происходит формирование ментальных репрезентаций (навигационного образа и образа действий) и выполняются численные расчеты для составления вариантов маршрутов БТС, в том числе, в форме имитационного моделирующего эксперимента для их сопоставления по критериям безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдеева З.К., Коврига С.В.* Эвристический метод концептуальной структуризации знаний при формализации слабо-структурированных ситуаций на основе когнитивных карт // Управление большими системами. 2010. Вып. 31. С. 6–34.
- Бубеев Ю.А., Усов В.М., Крючков Б.И., Сыркин Л.Д., Михайлюк М.В.* Способность оператора к ведению пространственной ориентировки при дистанционном управлении беспилотными аппаратами в виртуальной среде // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2021. Т. 55. № 3. С. 16–27. DOI: 10.21687/0233-528X-2021-55-3-16-27
- Голубов В.В., Манько С.В.* Исследование возможностей использования метода поисковых случайных деревьев в решении задач планирования перемещений

автономных роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2024. Том 25, № 1. С. 19–30. DOI: 10.17587/mau.25.19-30

Градецкий В. Г., Ермолов И.Л., Князьков М.М., Семенов Е.А., Собольников С.А., Суханов А.Н. О научных задачах выполнения транспортных операций группой мобильных роботов // Робототехника и техническая кибернетика. 2016. № 3(12). С. 57-62.

Ермолов И.Л. О факторах, влияющих на уровень автономности в пространстве транспортных шасси наземных мобильных роботов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016. № 1(174). С. 210-219.

Жук Р.С., Залесский Б.А., Троицкий Ф.С. Визуальная навигация автономно летающего БПЛА с целью его возвращения в точку старта // Информатика. 2020. № 17(2). С. 17–24. DOI: 10.37661/1816-0301-2020-17-2-17-24

Казаков К.А., Семенов В.А. Обзор современных методов планирования движения // Труды ИСП РАН, 2016. Том 28. Вып. 4. С. 241–294. DOI: 10.15514/ISPRAS-2016-28(4)-14

Каплина С.Е., Балабаев М.М. Искусственный интеллект в беспилотном управлении автотранспортными средствами: его методы и проблемы // Молодой ученый. 2023. № 19 (466). С. 13–15. URL: <https://moluch.ru/archive/466/102241/> (дата обращения: 12.05.2024).

Карпова И.П. Организация маршрута анимата на основе визуальных ориентиров и распознавания сцен // Мехатроника, автоматизация, управление. 2021. № 22(10). С. 537–546. DOI: 10.17587/mau.22.537-546

Лавренов Р.О. Разработка и имплементация сплайн-алгоритма планирования пути в среде ROS/Gazebo / Р.О. Лавренов, Е.А. Магид, Ф. Мацуно, М.М. Свинин, Дж. Сутагорн // Труды СПИИРАН, 2019, вып. 18, том 1, С. 57–84. DOI: 10.15622/sp.18.1.57-84

Лопота А.В., Спасский Б.А. Мобильные наземные робототехнические комплексы профессионального назначения // Робототехника и техническая кибернетика. 2020. Т. 8, № 1. С. 5-17. DOI 10.31776/RTSJ.810

Лю В. Методы планирования пути в среде с препятствиями (обзор) // Математика и математическое моделирование. 2018. № 01. С. 15–58. DOI:10.24108/MATHM.0118.0000098

Мелехин В.Б., Хачумов М.В. Планирование целенаправленной деятельности автономным интеллектуальным роботом с обновлением знаний в кратковременной памяти // Мехатроника, автоматизация, управление. 2024. № 25(2). С. 79–92. DOI: 10.17587/mau.25.79-92

- Мелехин В.Б., Хачумов М.В.* Принцип организации мотивационного поведения и автоматического целеполагания автономных интеллектуальных мобильных систем. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2023. № 24(2). С. 75–84. DOI: 10.17587/mau.24.75-84
- Мелехин В.Б., Хачумов М.В.* Планирование многоэтапной деятельности интеллектуальным роботом в условиях неопределенности // Автоматика и Телемеханика. 2023. № 12. С. 146–168. DOI:10.31857/S0005231023120127.
- Микишанина Е.А., Платонов П.С.* Алгоритмизация управления мобильным колесным роботом в среде с препятствиями методом потенциальных полей // Мехатроника, автоматизация, управление. 2024. № 25(2) С. 93–100. DOI: 10.17587/mau.25.93-100
- Митин И.И.* Ментальные карты как инструмент комплексного культурно-географического исследования: анализ подходов // Географический вестник = [Geographical bulletin]. 2018. №4(47). С.21–33. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-21-33
- Назарова А.В., Мэйсинь Ч.* Организация спасательных команд роботов для ликвидации последствий стихийных бедствий // Робототехника и техническая кибернетика. 2019. Т. 7, № 1. С. 21-28. DOI 10.31776/RTSJ.7103
- Найссер, У.* Познание и реальность: Смысл и принципы когнитивной психологии / пер. с англ. В. В. Лучкова. Вступительная статья и общая редакция. Б. М. Величковского. Москва: Прогресс, 1981. 230 с.
- Обознов А.А., Акимова А.Ю., Рунец О.В.* Феномены сверхдоверия и сверхнедоверия оператора к интерфейсу «человек – искусственный интеллект» // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2021. Т.6. №2. С.4–20. DOI: 10.38098/ipran.opwp_2021_19_2_001
- Першина Ж.С., Каздорф С.Я., Лопота А.В.* Методы визуальной навигации мобильного робота и построения картографических моделей внешней среды // Автометрия. 2019. Т.55. №2. С.92–102. DOI: 10.15372/AUT20190210
- Прохоров А.О.* Ментальные репрезентации психических состояний. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2021. С. 14–28. DOI: 10.38098/mng.2021.005
- Савельев А.И.* Алгоритм планирования локальных траекторий движения наземного робототехнического средства с учетом глобального маршрута / А.И. Савельев, К.В. Камынин, А.А. Ерашов, Е.О. Черских // Робототехника и техническая кибернетика. 2023. Т. 11, № 3. С. 188-196. DOI 10.31776/RTSJ.11304
- Спаский Б.А.* Совместное управление роботами, автономное и от человека-оператора // Робототехника и техническая кибернетика. 2017. № 1(14). С. 69-76.

- Тачков А.А.* Принципы построения систем автономного управления движением наземных робототехнических комплексов специального назначения / А.А. Тачков, А.В. Козов, Д.С. Яковлев, Н.А. Бузлов, С.Ю. Курочкин // Робототехника и техническая кибернетика. 2022. Т. 10, № 2. С. 121-132. DOI: 10.31776/RTSJ.10205
- Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б.* Вопросы управления движением мобильных роботов методом потенциального наведения // Мехатроника, автоматизация, управление. 2019. № 20(11). С. 677–685. DOI: 10.17587/mau.20.677-685
- Холодная М. А.* Психология интеллекта. Парадоксы исследования: учебное пособие для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2024. 334 с.
- Чапля Т.В.* Когнитивная карта — чувственно-образное представление о пространстве // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Том 5. С.138–144. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-5-138-144
- Ющенко А.С.* Коллаборативная робототехника: состояние и новые задачи. Мехатроника, автоматизация, управление. 2017. № 18(12). С. 812–819. DOI: 10.17587/mau.18.812-819
- Beer J.M., Fisk A.D., Rogers W.A.* Toward a Framework for Levels of Robot Autonomy in Human-Robot Interaction // Journal of Human-Robot Interaction. 2014. № 3. pp. 74-99. DOI: 10.5898/JHRI.3.2.Beer
- Pairet É., Hernández J.D., Carreras M., Pétilot Y.R., Lahijanian M.* Online Mapping and Motion Planning Under Uncertainty for Safe Navigation in Unknown Environments // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2021. 19. 4. pp. 3356-3378. DOI:10.1109/TASE.2021.3118737
- Peer M., Brunec I.K., Newcombe N.S., Epstein R.A.* Structuring Knowledge with Cognitive Maps and Cognitive Graphs // Trends in cognitive sciences. 2020. 25(1). pp. 37-54. DOI: 10.1016/j.tics.2020.10.004
- Tolman E.C.* Cognitive Maps in Rats and Men // Psychological Review, 1948. 55(4). pp. 189-208. DOI: 10.1037/h0061626
- Wang R.F.* Building a cognitive map by assembling multiple path integration systems // Psychonomic Bulletin & Review. 2016. 23(3). pp. 692-702. DOI: 10.3758/s13423-015-0952-y

Статья поступила в редакцию: 29.05.2023. Статья опубликована: 02.06.2024.

COGNITIVE MAPS FOR DRIVING AN UNMANNED VEHICLE

© 2024 М.М. Knyazkov*, М.В. Mikhaylyuk **,

Y.A. Bubeev ***, V.M. Usov ****

** Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher; Laboratory of Robotics and Mechatronics, Federal State Budgetary Institution of Science Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy of Sciences (IPMech RAS), Moscow, Russia
e-mail: ipm_labrobotics@mail.ru*

*** Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Department, Federal State Institution Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences (SRISA RAS), Moscow, Russia
e-mail: mix@niisi.ras.ru*

**** Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, State Scientific Center of the Russian Federation – Institute of Bio-medical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: bubeev@imbp.ru*

***** Doctor of Medical Sciences, Professor, Leading Researcher, Laboratory of Psychological and Psycho-physiological Research, State Scientific Center of the Russian Federation – Institute of Bio-medical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: khoper.1946@gmail.com*

Intensive introduction of unmanned vehicles (UVs) is accompanied by increasing interest in studying the role of human operator (hereinafter referred to as “operator”) in various conditions of their application. In particular, projects are being created to perform critical operations using UVs for transportation of cargoes and people during rescue operations. At the same time, in the interests of reliability and safety, unfavorable conditions of navigation and positioning of the UVs, which require the operator's intervention in control to prevent incidents, are included in

the consideration. In the interests of operator's participation in solving navigation tasks and controlling UVs movement in the external environment, one of the actual directions of psychology is represented by studying the ways of actualization of operator's activity and creation of conditions for reproduction of previously formed knowledge about the ways of solving a task in an uncertain situation. The article analyzes the existing approaches from the field of computer science, psychology and cognitive sciences on the use of graphic and verbal forms of information presentation to the operator when using visual landmarks on the terrain for local navigation of UVs. The operator's choice of the UVs movement route and rational maneuvers can be facilitated by the use of cognitive maps, which are created on the basis of the operator's mental representations of the ways of actions in the conditions of incident risk. The present review has a methodological orientation and is based on the literature analysis of research results in the field of human-machine interaction during image-visual navigation taking into account psychological regularities of knowledge reproduction about possible risks and maneuver choices of the UAV in addition to operatively received automatic navigation data.

Key words: unmanned vehicles (UVs), operator, navigation and positioning, collision prevention, decision support, cognitive map.

REFERENCES

- Avdeeva, Z.K., & Kovriga, S.V. (2010). Jevristicheskiy metod konceptual'noj strukturizacii znaniy pri formalizacii slabo-strukturirovannyh situacij na osnove kognitivnyh kart [Heuristic method for conceptual structurization of knowledge in the course of ill-structured situations formalization based on cognitive map]. *Upravlenie bol'shimi sistemami [Management of Large Systems]*. 31. 6-34. (In Russian).
- Bubeev, Yu.A., Usov, V.M., Kryuchkov, B.I., Syrkin, L.D., & Mikhaylyuk, M.V. (2021). Sposobnost' operatora k vedeniju prostranstvennoj orientirovki pri distancionnom upravlenii bespilotnymi apparatami v virtual'noj srede [Operator's spatial orientation ability during control of remotely-piloted aircraft in virtual reality]. *Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina [Aerospace and environmental medicine]*. 55. 3. 16-27. (In Russian). DOI: 10.21687/0233-528X-2021-55-3-16-27
- Golubov, V.V., & Manko, S.V. (2024). Issledovanie vozmozhnostei ispol'zovaniia metoda poiskovykh sluchainykh derev'ev v reshenii zadach planirovaniia peremeshchenii avtonomnykh robotov [Study of the possibilities of using the method of search random trees in solving problems of planning the movements of autonomous robots]. *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie [Mechatronics, automation, control]*. 25(1). 19-30. (In Russian). DOI: 10.17587/mau.25.19-30

- Gradetsky, V.G., Ermolov, I.L., Knyazkov, M.M., Semyonov, E.A., Sobolnikov, S.A., & Sukhanov, A.N. (2016). About scientific tasks of transportation operations performance by a group of mobile robots [On the scientific tasks of performing transport operations by a group of mobile robots]. *Robototekhnika i tehničeskaja kibernetika [Robotics and Technical Cybernetics]*. 3(12). 57-62. (In Russian).
- Ermolov, I.L. (2016). О факторах, влияющих на уровень автономности в пространстве транспортный шасси наземных мобильных роботов [On the factors influencing the level of autonomy in the space of transport chassis of ground-based mobile robots]. *Izvestija JuFU. Tehničeskie nauki [Izvestiya SFU. Technical sciences]*. 1(174). 210-219. (In Russian).
- Zhuk, R.S., Zalesskii, B.A., & Trotskii, F.S. (2020). Vizual'naja navigatsija avtonomno letiashchego BPLA s tsel'ju ego vozvraščeniia v točku starta [Visual navigation of an autonomously flying UAV with the aim of returning it to the starting point]. *Informatika [Computer science]*. 17(2). 17-24. (In Russian). DOI: 10.37661/1816-0301-2020-17-2-17-24
- Kazakov, K.A., & Semenov, V.A. (2016). Obzor sovremennykh metodov planirovaniia dvizheniia [An overview of modern methods for motion planning]. *Trudy ISP RAN [Proc. ISP RAS]*. 28. 4. 241-294. (In Russian). DOI:10.15514/ISPRAS-2016-28(4)-14
- Kaplina, S.E., & Balabaev M.M. (2023). Iskusstvennyj intellekt v bespilotnom upravlenii avtotransportnymi sredstvami: ego metody i problemy [Artificial intelligence in the unmanned control of motor vehicles: its methods and problems]. *Molodoj uchenyj [Young scientist]*. 19(466). 13–15. URL: <https://moluch.ru/archive/466/102241/> (Accessed: 12.05.2024). (In Russian).
- Karpova, I.P. (2021). Organizatsiia marshruta animata na osnove vizual'nykh orientirov i raspoznavaniia stsen [Organization of animat route based on visual landmarks and scene recognition]. *Mekhatronika, avtomatizatsiia, upravlenie [Mechatronics, automation, control]*. 22(10). 537-546. (In Russian). DOI: 10.17587/mau.22.537-546
- Lavrenov, L., Magid, E., Matsuno, F., Svinin, M., & Suthakorn, J. (2019). Razrabotka i implementatsiia splajn-algoritma planirovaniia puti v srede ROS/Gazebo [Development and implementation of spline-based path planning algorithm in ROS/Gazebo environment]. *Trudy SPIIRAN [SPIIRAS Proceedings]*. 18 (1). 57-84. (In Russian). DOI: 10.15622/sp.18.1.57-84
- Lopota, A., & Spassky, B. (2020). Mobil'nye nazemnye robototekhnicheskie kompleksy professional'nogo naznachenija [Mobile ground-based robot systems for professional use]. *Robototekhnika i tehničeskaja kibernetika [Robotics and Technical Cybernetics]*. 8(1). 5-17. (In Russian). DOI: 10.31776/RTCJ.8101

- Liu, W. (2018). Metody planirovanija puti v srede s prepjatstvijami (obzor) [Path Planning Methods in an Environment with Obstacles (Review)]. *Matematika i matematicheskoe modelirovanie [Mathematics and Mathematical Modeling]*. 01. 15–58. (In Russian). DOI: 10.24108/mathm.0118.0000098
- Melekhin, V.B., & Khachumov, M.V. (2024). Planirovanie tselenapravlennoi deiatel'nosti avtonomnym intellektual'nym robotom s obnovleniem znanii v kratkovremennoi pamiatii [Planning purposeful activities by an autonomous intelligent robot with knowledge updating in short-term memory]. *Mekhatronika, avtomatizatsiia, upravlenie [Mechatronics, automation, control]*. 25(2). 79-92. (In Russian). DOI: 10.17587/mau.25.79-92
- Melekhin, V.B., & Khachumov, M.V. (2023). Princip organizacii motivacionnogo povedenija i avtomaticheskogo celepologanija avtonomnyh intellektual'nyh mobil'nyh sistem [The principle of organizing motivational behavior and automatic goal setting of autonomous intelligent mobile systems]. *Mekhatronika, avtomatizacija, upravlenie [Mechatronics, automation, control]*. 24(2). 75-84. (In Russian). DOI: 10.17587/mau.24.75–84
- Melekhin, V.B., & Khachumov, M.V. (2023). Planirovanie mnogojetapnoj dejatel'nosti intellektual'nym robotom v uslovijah neopredelennosti [Planning of multi-stage activity by an intelligent robot in conditions of uncertainty]. *Avtomatika i Telemekhanika [Automation and Telemechanics]*. 12. 146-168. (In Russian). DOI: 10.31857/S0005231023120127
- Mikishanina, E.A., & Platonov, P.S. (2024). Algoritmizacija upravlenija mobil'nym kolesnym robotom v srede s prepjatstvijami metodom potencial'nyh polej [Algorithmization of mobile wheeled robot control in obstacle environment by potential fields method]. *Mekhatronika, avtomatizatsiia, upravlenie [Mechatronics, automation, control]*. 25(2). 93-100. (In Russian). DOI: 10.17587/mau.25.93-100
- Mitin, I.I. (2018). Mental maps as a tool for comprehensive cultural and geographical research: analysis of approaches [How to implement complex cultural-geographical research: analysis approach]. *Geograficheskij vestnik [Geographical bulletin]*. 4(47). 21-33. (In Russian). DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-21-33
- Nazarova, A., & Meixin, Z. (2019). Organizacija spasatel'nyh komand robotov dlja likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij [Organization of rescue robot team for post-disaster management]. *Robototekhnika i tehničeskaja kibernetika [Robotics and technical cybernetics]*. 7(1). 21-28. (In Russian). DOI: 10.31776/RTCJ.7103
- Nisser, W. (1981). Poznanie i real'nost': Smysl i principy kognitivnoj psihologii [Cognition and Reality: The Meaning and Principles of Cognitive Psychology]. B.M. Velichkovsky (Ed.). V.V. Luchkov (Trans). Moscow: Progress. (In Russian).

- Oboznov, A.A., Akimova, A.Yu., & Runets, O.V. (2021). Fenomeny sverhdoverija i sverhnedoverija operatora k interfejsu «chelovek – iskusstvennyj intellekt» [The phenomena of operator over-trust and over-mistrust to the interface "human - artificial intelligence"]. *Institut psikhologii Rossiyskoy akademii nauk. Organizatsionnaya psikhologiya i psikhologiya truda [Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational psychology and psychology of work]*. 6(2). 4–20. (In Russian). DOI: 10.38098/ipran.opwp_2021_19_2_001
- Pershina, G.S., Kasdorf, S.Ja., & Shovel, A.V. (2019). Metody vizual'noj navigacii mobil'nogo robota i postroenija kartograficheskikh modelej vnesnej sredy [Method aposematic navigation mobile robot and built cartographic model in the vnesnei among the aposematic]. *Avtometrija [Autometry]*. 55(2). 92–102. (In Russian). DOI: 10.15372/AUT20190210
- Prokhorov, A.O. (2021). *Mental'nye reprezentacii psihicheskikh sostojanij [Mental representations of mental states]*. Moscow: "Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences" Publ. 14-28. (In Russian). DOI:10.38098/mng.2021.005
- Saveliev, A.I., Kamynin, K.V., Erashov, A.A., & Cherskikh, E.O. (2023). Algoritm planirovaniya lokal'nyh traektorij dvizhenija nazemnogo robototekhnicheskogo sredstva s uchetom global'nogo marshruta [Algorithm for planning energy-efficient local trajectories of ground-based robotics, considering the global route]. *Robototekhnika i tekhnicheskaja kibernetika [Robotics and Technical Cybernetics]*. 11. 3. 188-196. (In Russian). DOI: 10.31776/RTCJ.11304
- Spassky, B.A. (2017). Sovmestnoe upravlenie robotami, avtonomnoe i ot cheloveka-operatora [Joint control of robots, autonomous and from human operator]. *Robototekhnika i tekhnicheskaja kibernetika [Robotics and technical cybernetics]*. 1(14). 69-76. (In Russian).
- Tachkov, A.A., Kozov, A., Iakovlev, D., Buzlov, N., & Kurochkin, S. (2022). Principy postroenija sistem avtonomnogo upravlenija dvizheniem nazemnyh robototekhnicheskikh kompleksov special'nogo naznachenija [Design principles of control systems for self-driving unmanned ground vehicles]. *Robototekhnika i tekhnicheskaja kibernetika [Robotics and Technical Cybernetics]*. 10(2). 121-132. (In Russian). DOI: 10.31776/RTCJ.10205
- Filimonov, A.B., & Filimonov, N.B. (2019). Voprosy upravleniia dvizheniem mobil'nykh robotov metodom potentsial'nogo navedeniia [Issues of controlling the movement of mobile robots using the potential guidance method]. *Mekhatronika, avtomatizatsiia, upravlenie [Mechatronics, automation, control]*. 20(11). 677-685. (In Russian). DOI: 10.17587/mau.20.677-685

- Kholodnaya, M.A. (2024). Psihologija intelekta. Paradoksy issledovaniya: uchebnoe posobie dlja vuzov [Psychology of intelligence. Paradoxes of research: a textbook for universities]. 3rd ed. Moscow: Yurait Publishing House. (In Russian).
- Chaplya, T.V. (2019). Kognitivnaja karta – chuvstvenno-obraznoe predstavlenie o prostranstve [Cognitive map – sensitive and imaginative vision of the environment]. *Interjekspo Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]*. 5. 38-144. (In Russian). DOI: 10.33764/2618-981X-2019-5-138-144
- Iushchenko, A.S. (2017). Kollaborativnaia robototekhnika: sostoianie i novye zadachi [Collaborative robotics: status and new challenges]. *Mekhatronika, avtomatizatsiia, upravlenie [Mechatronics, automation, control]*. 18(12). 812-819. (In Russian). DOI: 10.17587/mau.18.812-819
- Beer J.M., Fisk A.D., & Rogers W.A. (2014). Toward a Framework for Levels of Robot Autonomy in Human-Robot Interaction. *Journal of Human-Robot Interaction*. 3. 74-99. DOI: 10.5898/JHRI.3.2.Beer
- Pairat, É., Hernández, J.D., Carreras, M., Pétillet, Y.R., & Lahijanian, M. (2021). Online Mapping and Motion Planning Under Uncertainty for Safe Navigation in Unknown Environments. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. 19. 4. 3356-3378. DOI: 10.1109/TASE.2021.3118737
- Peer, M., Brunec, I.K., Newcombe, N.S., & Epstein, R.A. (2020). Structuring Knowledge with Cognitive Maps and Cognitive Graphs. *Trends Cogn Sci*. 25(1). 37-54. DOI: 10.1016/j.tics.2020.10.004
- Tolman, E.C. (1948). Cognitive Maps in Rats and Men. *Psychological Review*. 55(4). 189-208. DOI: 10.1037/h0061626
- Wang, R.F. (2016). Building a cognitive map by assembling multiple path integration systems. *Psychon Bull Rev*. 23(3). 692-702. DOI: 10.3758/s13423-015-0952-y.

The article was received: 29.05.2023. Published online: 02.06.2024.

Библиографическая ссылка на статью:

Князьков М.М., Михайлюк М.В., Бубеев Ю.А., Усов В.М. Когнитивные карты для управления беспилотным транспортным средством // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2024. Т. 9. № 2. С. 112–136. DOI: 10.38098/ipran.opwp_2024_31_2_005

Knyazkov, M.M., Mikhaylyuk, M.V., Bubeev, Y.A., Usov, V.M. (2024). Kognitivnye karty dlja upravleniya bespilotnym transportnym sredstvom [Cognitive maps for driving an unmanned vehicle]. Institut psihologii Rossijskoj akademii nauk. Organizacionnaya psihologiya i psihologiya truda. [Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational psychology and psychology of work]. 9(2). 112–136. DOI: 10.38098/ipran.opwp_2024_31_2_005

Адрес статьи: <http://work-org-psychology.ru/engine/documents/document1014.pdf>