

## ТРАНСПОРТИРУЕМЫЕ ПРЕДМЕТЫ И ИНФОРМАЦИЯ В МОДЕЛИ МИРА АВТОНОМНОГО СЕРВИСНОГО МЕДИЦИНСКОГО РОБОТА

Рогаткин Д. А., Лапитан Д. Г.,  
Куликов Дмитрий Александрович, Ивлиева Александра Леонидовна

ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт  
(МОНИКИ) им. М.Ф. Владимирского, d.rogatkin@monikiweb.ru

**Введение.** Не смотря на многочисленные видеоролики и публикации начала 2000-х годов о появлении в учреждениях здравоохранения по всему миру многофункциональных сервисных роботов-помощников (ассистентов) [1-3], реального широкого внедрения в практической медицине они так пока и не получили. Основная причина – роботы сегодня все еще не могут работать автономно. Медицинскому персоналу не нужны малой функциональности «роботы-игрушки», манипуляторы и тележки, управляемые человеком. Им требуются полностью автономные машины, которым можно отдать команду и которые ее выполняют самостоятельно, в любой обстановке, без участия человека, вернутся и доложат о ее выполнении или невыполнении. Очевидно, что для создания таких роботов требуется объединение в реальной конструкции последних достижений и практической мехатроники, и методов искусственного интеллекта. Это один из ключевых этапов дорожной карты всей современной «интеллектуальной» робототехники [4]. Как показывает экспертный анализ, основные ограничения сервисной робототехники и ее «узкие» места заключены сегодня в слабом «осознании» роботом окружающей среды и в недостаточном потенциале манипуляций объектами внешнего мира [5].

**Роль и место модели мира.** Одним из направлений для увеличения функциональности автономных сервисных медицинских роботов является задача разработки эффективной внутренней модели мира робота [6, 7]. Согласно разработанной концепции сценариев поведения сервисных роботов в клиниках [6, 8], ключевыми функциями таких роботов будут являться являются транспортно-информационные функции (Рис. 1).



Рис. 1. Парадигма транспортно-информационных функций сервисных роботов в клинике.

Соответственно, в рамках такой концепции под термином *сервисный медицинский робот* (СМР) понимается некоторое компактное, многофункциональное, подвижное и автономно функционирующее электронно-механическое устройство, которое работает в условиях учреждения здравоохранения и предназначено для выполнения внутри этого учреждения различных транспортных, поисковых и информационных задач, т.е. для выполнения различных поручений, связанных с поиском объектов, взаимодействием с объектами, транспортировкой различных объектов, получением информации об объектах, хранением этой информации, её обработкой и сообщением человеку. Все задачи роботом решаются алгоритмически за счет его перемещения в переменной внешней среде путем поиска и установления последовательных контактов с внешними объектами взаимодействия (врач, пациент, комната, предмет для транспортировки, файл для обмена информацией), которые заложены в него в виде наборов переменных для опознания и взаимодействия. Таким образом, важнейшим элементом любого СМР является система внутренних и внешних органов «чувств» робота - сенсоров, которые в совокупности определяют его «картину мира» и все существенные и несущественные внешние и внутренние переменные объектов мира, с которыми ему предстоит работать. Именно от сенсорной системы робота и сопряженной с ней системы распознавания образов, от их совместной способности к вычленению и категоризации объектов внешнего и внутреннего мира робота, зависит весь дальнейший облик всей мыслительно-логической

начинки программного обеспечения робота, т.к. «мыслить» робот может только в тех категориях, которые способны выделять и распознавать его органы чувств [9, 10]. Поэтому, ключевым элементом, определяющим большинство функциональных возможностей СМР и облик его программного обеспечения, является внутренняя модель мира (ММ) робота.

Сегодня проблемам построения ММ для автономных сервисных роботов уделяется все больше внимания [6, 11-13]. Однако в большинстве случаев используемые ММ касаются пока описания среды обитания роботов, внешней обстановки в помещении или на улице по пути движения робота, и разрабатываются для генерации сценариев управления перемещением робота из пункта «А» в пункт «Б» [11, 13]. В таких ММ, например, в ячеистой модели среды [13], все объекты внешнего мира имеют свои координаты на территории обитания, габариты, а их история существования описывается историей перемещения по территории (сменой положения в выбранной системе координат мира). Однако для модели информации, а также для транспортируемых роботом мелких предметов такой подход в силу ряда причин не эффективен. Информация не занимает места в пространстве и не перемещается по территории подобно роботам или людям. Она передается от объекта к объекту (от человека к человеку, от человека к роботу и т.д.) путем трансляции от источника (носителя информации) к приемнику информации (реципиенту), оставаясь, при этом, и у ее источника, и у реципиента, т.е. информация не перемещается, а копируется. Поэтому, очевидно, здесь требуется концептуально иной подход к ее описанию в ММ. Похожая ситуация складывается и с мелкими предметами для транспортировки, скажем с упаковкой лекарств. Хотя мелкие предметы и перемещаются физически от объекта к объекту, их присутствие в мире обычно не влияет на движение робота по территории, не перекрывает пространство для других предметов, поэтому модель таких мелких транспортируемых предметов в ММ робота может также быть отвлечена от их размеров и пространственных координат места нахождения. Как конкретно в простейшем виде могут выглядеть модельные описания информации и транспортируемых предметов в ММ СМР?

**Модель предметов и информации.** Все объекты внешнего мира описываются в типовых ММ робота классами объектов с присущими им характерными атрибутами [6, 10]. Среди важнейших атрибутов объектов можно выделить: уникальное имя (идентификатор) объекта, его габариты, координаты положения в пространстве и ряд других свойств. Класс «информационных элементов» ( $Iei$ ) – файлов информации, которые надо передать/получить, в т.ч., например, путем озвучивания - отличается в разрабатываемой нами ММ СМР от класса физических объектов тем, что его экземпляры не имеют пространственных размеров, координат нахождения на территории обитания СМР, а характеризуются лишь уникальным именем - номером « $i$ » ( $i=1;2;3;...$ ) и списком принадлежности к обитателям, который означает, что данная информация была сообщена (или заранее известна) данному обитателю. Например, для некоторого файла информации  $Ie8$  в ММ активно действующего робота №N хранится запись в виде списка:

$$List.file\_Ie8=\{man1, robot2, \dots\}.$$

Этот список означает, что данная информация №8 уже известна (была сообщена) некоторому человеку №1, а также роботу №2, и рассматриваемый активный робот N это «знает». Этого вполне достаточно, например, чтобы при встрече с человеком №1 не передавать ему эту информацию дважды, а при поступлении внешней команды от оператора (врача) «передать человеку №1 информацию  $Ie8$ », робот мог бы обоснованно «ответить», что эта информация реципиенту уже известна.

Как и атрибут «координаты» у внешних крупногабаритных предметов (например, у мебели) на территории обитания, этот список принадлежности может быть функцией времени, если связать момент поступления информации к реципиенту с уникальной временной меткой. Так, если человеку №1 информация была сообщена в момент времени  $T1$ , а роботу №2 в момент времени  $T5$ , то запись может иметь вид:

$$List.file\_Ie8=\{(T1, man1), (T5, robot2), \dots\}.$$

В этом случае формируется история передачи информации с привязкой ко времени. По ней СМР может проследить и проанализировать всю историю своего общения с другими обитателями. Сама форма записи и ее конкретная реализация на выбранном языке программирования не имеет здесь значения, ибо пока мы рассматриваем лишь общий принцип формирования сведений об информации в ММ СМР. Можно, например, записи с метками времени формировать в виде двумерных массивов, где первой строкой будут идти временные метки, а второй – имена реципиентов информации. Принципиально в формировании таких списков лишь то, чтобы робот мог считывать и «понимать» эту информацию в этих списках. Также важно отметить, что, в отличие от формирования атрибутов координат предметов и других обитателей на территории, когда координаты могут изменяться со временем, данный список атрибутов не изменяемый, а дополняемый. Если информация уже была сообщена субъекту взаимодействия, она в рамках предлагаемой ММ не может у него «исчезнуть», хотя, в принципе, несложно ввести в такую модель и процесс забывания информации (см. далее).

И еще один важный аспект. Если обитателей на территории обитания робота №N много, то информация может передаваться от одного обитателя к другому, минуя робота №N. Тогда у робота №N не всегда будут в его ММ достоверные сведения, знает ли какой-либо реципиент (субъект, обитатель)

рассматриваемую информацию  $Ie8$ . Но и в этом случае предлагаемый для ММ СМР подход позволяет легко смоделировать ситуацию. Для этого достаточно ввести вероятностную оценку владения субъектами общения рассматриваемой информации, например, в виде числового атрибута  $P$ , принимающего значение от 0 (в случае, если информация не известна субъекту) до 1 (если достоверно известно о владении субъектом той или иной информацией). Если робот №N сам сообщал информацию субъекту, то  $P$  редуцируется в  $P=1$ . Если нет, то робот только может делать предположения - дробные вероятностные оценки – о владении информацией субъектом. Например, для человека №3 это в примере списка для  $Ie8$  может быть при вероятности  $P=0.5$  представлено так:

$$List.file\_Ie8=\{(T1, man1, P=1), (T5, robot2, P=1), (T?, man3, P=0.5), \dots\}.$$

По мере развития общения значения  $P_i$  в оценке роботом ситуации могут меняться. Забывание в такой модели, а также невосприятие информации логично будут описываться  $P_i=0$  при известном и однозначно определенном  $T_i$  у реципиента. Скажем, если робот N в результате общения с человеком №3 в какой-то момент времени  $Tx$  «понял», что этому человеку известна информация  $Ie8$ , тогда для него  $P=0.5$  редуцируется в  $P=1$  в следующей добавленной записи с меткой  $Tx$ . Забывание этой информации в последующий момент времени  $Ty$  добавит запись с  $P=0$ , если обитатель сообщит об этом роботу. И т.д.

Класс «предметов для транспортировки» (*subjects*) также отличается в предлагаемой ММ для простоты модели от других объектов внешнего мира отсутствием пространственных размеров и координат «существования» на территории. Также предметы функционально всегда находятся где-то внутри другого объекта, т.е. могут «вмещаться» в человека или робота, в стол или в тумбочку с объемом вмещения, определяемым простым количеством предметов, находящихся внутри, и размером «ящика» для их вмещения. Поэтому их пространственное положение в каждый момент времени логично определяется координатами держателя этого предмета (координатами робота, стола, тумбочки) и не требует отдельного определения координат в ММ. Внутри класса сами предметы различаются присвоенными атрибутами «имя», №, или, например, «цвет» - R, G, B. Каждый экземпляр предметов из класса *subjects* характеризуется также именем его держателя в каждый момент времени, куда он в данный момент времени помещен. Основываясь на предыдущих пояснениях, аналогичная запись в ММ для предмета G может выглядеть, например, если робот №N получил в момент времени  $T0$  предмет G для передачи человеку №3 и передал его ему в момент времени  $T4$ , так:

$$Coordinates.subjects\_G=\{(T0, robotN, P=1), (T4, man3, P=1), (T5, table2, P=0.9), \dots\}.$$

В этой модели также включена вероятностная оценка ситуации, если робот с большой, скажем, долей вероятности ( $P=0.9$ ) предполагает, что после получения предмета человек положил его в стол №2 в следующий момент времени  $T5$ . Здесь также формируется дополняемый список, но понимается он в плане нахождения предмета в месте, соответствующем последнему моменту времени. Предыдущие временные метки – история транспортировки предмета, причем эта история уникальна для данного робота №N и может быть абсолютна неизвестна другому роботу или человеку. У другого робота в общем случае в его ММ будет храниться другая запись истории предмета G, возможно нулевая, до того момента времени, пока эти роботы не обменяются имеющейся у них информацией о предмете G.

Как оказалось, если такую систему записи во времени применять для каждого перемещаемого предмета, для информации и для любых других изменяемых свойств объектов и обитателей мира, то, во-первых, не надо делать непрерывные временные треки записей всех атрибутов объектов в реальном времени и в динамике, что существенно экономит память робота, а, во-вторых, автоматически в ММ формируется некая индивидуальная история мира «глазами робота»! Для разных роботов даже на одной и той же территории она окажется в деталях разной! Это уже само по себе - удивительное обнаруженное и, видимо, *общее фундаментальное свойство* любой внутренней ММ робота: неизбежная автоматическая индивидуализация ММ при ее функционировании в составе реально «живущего» робота. Но еще более удивительно, на наш взгляд, что принципиально в этих примерах выявляется в целом динамический, изменяемый характер ММ. Модель оказывается принципиально нестационарной, дополняемой, а значит - возможно существование некоего более глубокого, фундаментального принципа «неизбежного обучения» любой интеллектуальной системы, например, в виде формирования полноценной масштабной ММ из некоторой начальной (нулевой) модели. Не исключено, что этот принцип может быть логически выводим из неких «первых принципов» рассудочной деятельности любой «интеллектуальной системы», если их правильно сформулировать.

**Заключение.** Одним из направлений для увеличения функциональности автономных сервисных медицинских роботов является задача разработки эффективной внутренней модели мира (ММ) робота [6, 11-13]. В данной работе рассматривались особенности построения внутренней модели мира автономного сервисного медицинского робота в части описания свойств транспортируемых предметов и свойств информации для передачи другим обитателям. Предложены варианты описания свойств транспортируемых предметов и информации, в том числе с учетом динамики их изменений во времени и вероятностной оценки ситуации (для последующего использования темпоральных и модальных логических рассуждений). Показано, что при выбранном подходе автоматически в ММ формируется некая индивидуальная история

мира непосредственно «глазами робота». Не исключено, что это обнаруженное свойство - общее фундаментальное свойство любой внутренней ММ робота: неизбежная автоматическая индивидуализация ММ при ее функционировании в составе реального робота, а также следствие более общего принципа «неизбежного обучения» любой интеллектуальной системы, например, в виде формирования полноценной масштабной ММ из некоторой начальной (нулевой) модели.

### Библиографический список

1. Wang Y. et. al. The developing market for medical robotics // Proc. IEEE, Special issue "Medical Robotics", Ed. By T. Kanade, B. Davis, and C.N.Riviere, vol. 94, No.9, 2006, p. 1763-1770.
2. "Robotics for Healthcare" // Final report of the study within framework of the eHealth activities of the EU Comission. – EUC Publishing, 2010.
3. Краевский С.В., Рогаткин Д.А. Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов. // Технологии живых систем, т.7, №4, 2010, с.3-14.
4. Mastrogiovanni F., Chong N. Y. The need for a research agenda in intelligent robotics // Intelligent Service Robotics, No.6, 2013, p. 1-3.
5. Ефимов А. Состояние и перспективы отечественной робототехники. // Материалы доклада на втором заседании координационного совета Министерства образования и науки РФ по развитию робототехники, 8 апреля 2016, Санкт-Петербург, ЦНИИ РТК, <http://www.slideshare.net/igorod2/ss-60657851>
6. Rogatkin D., Lapaeva L., Bychenkov O. Autonomous mobile medical service robot: scenarios of behavior and a world model // Proc. of 4-th Int. Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology (ICBEB2015), China, 2015. - p. 9-10.
7. Towle Jr. B., Nicolescu M. An auction behavior-based robotic architecture for service robotics // Intelligent Service Robotics, 2014, 7(3), 2014157-174.
8. Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г., Лапаева Л.Г. Концепция автономных мобильных сервисных роботов для медицины // Биомедицинская радиоэлектроника, №5, 2013, с.46-56.
9. Осипов Г.С. Лекции по искусственному интеллекту. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014.
10. Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г. Среда обитания сервисных медицинских роботов в клинике // Ползуновский вестник, №2, 2013. - с.233-238.
11. Kułakowski K. and Wąs J. World Model for Autonomous Mobile Robot - Formal Approach // Proc. of 18th International Conference Intelligent Information Systems (IIS'2010), 2010, p. 37-45.
12. Elfring J, Dries S., Molengraaf M., Steinbuch M. Semantic world modeling using probabilistic multiple hypothesis anchoring // Robotics and Autonomous Systems, vol. 61, No. 2, 2013, p. 95–105.
13. Кореньков А.Н. Построение модели окружающего мира для локальной навигации мобильных роботов на основе регистрации трехмерных облаков точек // Робототехника и техническая кибернетика, №1(10), 2016, с.27-36.

### TRANSPORTED OBJECTS AND INFORMATION IN THE WORLD MODEL OF AN AUTONOMOUS SERVICE MEDICAL ROBOT

Rogatkin D.A., Lapitan D.G., Kulikov D.A., Ivlieva A.L.

Moscow Regional Research and Clinical Institute "MONIKI" named after M.F.Vladimirskiy, [d.rogatkin@monikiweb.ru](mailto:d.rogatkin@monikiweb.ru)

In the article, some specialties of development and design of the world model for autonomous service medical robots are considered in the part of description of the transported objects and translated to other inhabitants information. The proposed approach describes the properties of the transported subjects and translated information, including taking into account the dynamics of their changes in time and probabilistic assessment (for later use temporal and modal logical reasoning). It is shown, that the chosen approach is automatically formed in the world model a kind of private history of the World "through the eyes of a robot". It is possible, that the discovered property is the total fundamental property of any internal robot's world model: an inevitable automatic individualization of the world model when it is functioning as a part of the real robot and the trace of a more general principle of "inevitable learning" for any intellectual system, for example, in the form of formation of a full scale world model from some initial (zero) model's level.