

УДК 004.89

А. Е. Городецкий, И. Л. Тарасова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт проблем машиноведения Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Россия
199178, г. Санкт-Петербург, Большой проспект В. О., д.61

ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ РОБОТОМ- МАРШРУТИЗАТОРОМ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАМЕНТА ВОДИТЕЛЯ

A. E. Gorodetskiy, I. L. Tarasova

Institute for Problems in Mechanical Engineering
of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg,
199178, Saint-Petersburg, Boljishoy prospect V. O., d.61

OPTIMIZATION OF MOVEMENT BY THE ROBOT ROUTER, TAKING INTO ACCOUNT THE TEMPERAMENT OF THE DRIVER

В статье рассмотрены особенности адаптации интеллектуальных роботов к темпераменту человека. Приведено описание центральной нервной системы робота с модулями анализа темперамента и адаптации. Особое внимание уделено алгоритмам учета темперамента при оптимизации движения роботом-маршрутизатором. Предложен функционал, минимизирующий время движения с учетом темперамента водителя и алгоритм расчета оптимальных скоростей движения без аварий на поворотах. Результаты компьютерного моделирования показали целесообразность и важность учета роботом-маршрутизатором темперамента водителя.

Ключевые слова: интеллектуальный робот, центральная нервная система, анализ темперамента, принятие решения, функционал оптимизации, компьютерное моделирование.

The article discusses the features of adaptation of intelligent robots to the temperament of the person. A brief description of the robot's central nervous system with modules of temperament analysis and adaptation is given. Particular attention is paid to the algorithms for taking into account temperament when optimizing movement by a robot router. A functional is proposed that minimizes driving time, taking into account the driver's temperament, and an algorithm for calculating optimal driving speeds without accidents on turns. The results of computer modeling have shown the expediency and importance of taking into account the driver's temperament by the robot router.

Keywords: Intelligent robot, central nervous system, temperament analysis, decision-making, optimization functionality, computer modeling.

Введение

В последнее время стремительно развивается так называемая социальная робототехника. Андроиды доступны в аэропортах для перевозки багажа пассажиров или для патрулирования. Роботы-медсестры и роботы-сиделки используются в больницах. Очевидно, что предполагаемые функции таких роботов должны быть гораздо шире, чем просто выполнение механических операций. Например, робот, обслуживающий пожилого больного пациента, не может просто настаивать на том, чтобы пациент принимал нужное лекарство в нужное время [1]. Рано или поздно, в силу особенностей человеческой психики, возникнет конфликтная ситуация, многочисленные варианты которой возникают при общении обычных врачей и медсестер с пациентами. Компетентный, психологически уравновешенный врач или медсестра смогут погасить конфликт. Когда это место занимает робот, ситуация осложняется восприятием его как механического устройства, которым можно пренебречь. Такой простой пример демонстрирует существующие проблемы психологического взаимодействия между роботом и человеком. Отсюда актуальность разработки новых методов формирования специфических свойств интеллектуального робота (ИР), позволяющих учитывать психику человека, с которым взаимодействует робот. Особенность поведения человека во многом связана с его темпераментом, к которому ИР должен адаптироваться. Для этого необходимо, прежде всего, проанализировать свойства темперамента человека и существующие методы его выявления.

Классификация человеческого темперамента

На данный момент основные усилия по адаптации взаимодействия ИР с человеком направлены на распознавание состояния и имитацию человеческой психики и ее проявлений в виде эмоций и темперамента. Рассматривая процесс взаимодействия ИР с человеком с учетом темперамента последнего, можно выделить две задачи. Первая задача – распознать человеческий темперамент, который необходим для правильной мысленной реакции робота. Решение этой проблемы должно основываться на знании свойств темперамента человека и на многочисленных экспериментах по обучению ИР на примерах взаимодействия. Вторая задача - формирование адекватного эмоционального отклика, то есть адаптация робота к человеческому темпераменту, что гораздо сложнее.

Темперамент человека – это совокупность врожденных свойств психики. Это служит основой для формирования характера. Темперамент зависит от типа высшей нервной системы. Люди (как и животные) отличаются друг от друга с рождения [2]: силой процессов возбуждения и торможения; сбалансированностью этих процессов; подвижностью (изменчивостью) процессов возбуждения и торможения. Свойства темперамента проявляются в зависимости от ситуации и конкретных условий. Люди с разным темпераментом могут действовать совершенно по-разному в идентичных ситуациях. Поэтому интеллектуальный робот должен учитывать при взаимодействии с конкретным человеком характерные свойства его темперамента.

В психологии принято выделять следующие свойства темперамента [3-5]:

- Чувствительность – это оценка, характеризующая минимальную силу раздражения извне для запуска реакций в психике индивида.
- Реактивность – это оценка, характеризующая силу и скорость реакции на неожиданный стимул.
- Активность (пассивность) – это оценка, характеризующая степень влияния темперамента на окружающие его стимулы.

- Пластичность (ригидность) – это оценка, характеризующая скорость адаптации человека к изменениям внешней среды.
- Экстраверсия (интроверсия) – это оценка, характеризующая ориентацию человека на внешний мир или на внутренний (направленность жизненной энергии).
- Возбудимость эмоций – это оценка, определяющая скорость эмоциональной реакции на минимальный стимул извне (минимальную силу, на которую возникает эмоциональная реакция).
- Скорость реакций (продолжительность) – это скорость психических процессов и реакций. Например: скорость реакции, темп речи, скорость мышления.

Анализ этих свойств в результате тестовых испытаний позволяет оценить темперамент человека, с которым взаимодействует робот. В этом случае обычно определяют принадлежность к одному из 4 типов темперамента, или типов нервной системы (по ее свойствам), выделяемых в психологии: сангвиник, флегматик, холерик или меланхолик. Использование роботом этой классификации человеческого темперамента полезно, поскольку это облегчает адаптацию робота к данному типу людей. Однако на практике редко встречаются люди, которые ведут себя в любых обстоятельствах в точном соответствии с определенным типом психики. Современные концепции темперамента [2] пытаются объединить различные способы классификации темперамента. Проанализировав существующие подходы к классификации человеческого темперамента, можно рекомендовать в интеллектуальных роботах использовать следующие:

- Конституциональный, основанный на анализе человеческих изображений [6];
- Диалоговой, основанный на анализе ответов человека на пункты анкеты [7-10];
- Поведенческий, основанный на анализе особенностей поведения человека в различных ситуациях [11].

Поскольку на практике часто возникают ситуации колебаний темперамента человека при возникновении различных жизненных ситуаций, их трудно учитывать при оценке человека и использовании какого-либо одного из перечисленных подходов. Следовательно, необходимо предоставить ИР возможность определять степень принадлежности человека к определенному типу темперамента после использования всех трех методов классификации. Тогда, если все три типа классификации дают одинаковый результат (например, сангвиник), то степень принадлежности к идентифицированному типу классификации будет равна $\mu(\text{сангвиник}) = \mu(c) = 1$ в терминах лингвистических переменных [12], [13]. Если все три дают разные результаты (что маловероятно), то получаем, например:

$$\mu(\text{сангвиник}) = \mu(\text{холерик}) = \mu(\text{флегматик}) = \mu(c) = \mu(x) = \mu(f) = 1/3.$$

Наиболее вероятно, что два типа классификации дадут одинаковый результат, а третий – отличный. Тогда, например, получаем: $\mu(c) = 2/3$ и $\mu(x) = 1/3$.

В том случае, когда все три типа классификации дают разные результаты, задача оценки темперамента становится неопределенной. Одним из перспективных подходов к решению такой задачи может стать использование логико-вероятностных и логико-лингвистических методов анализа среды выбора решения, позволяющих корректировать результаты классификации. При этом представляется целесообразным расширение перечня типов темперамента с коррекцией степени принадлежности к тому или иному типу, основываясь на логико-вероятностном и логико-лингвистическом анализе результатов взаимодействия в различных ситуациях. Однако правил коррекции не должно быть бесконечно много.

Адаптация работа к человеческому темпераменту в человеко-машинных системах

Адаптация ИР в человеко-машинных системах (ЧМС) заключается в постепенном повышении эмоциональной насыщенности его поведения, начиная с нуля, анализе реакции человека на действия робота и коррекции поведения на уровне эмоций и действий. Кроме того, при адаптации поведения ИР, взаимодействующего с человеком, целесообразно учитывать рекомендации психологов по взаимодействию с человеком разного темперамента [2].

Процесс адаптации существенно осложняется тем фактом, что оценки темперамента человека носят прогностический характер, связанный с неопределенностью влияния многих факторов в условиях большой неопределенности окружающей среды, которые не поддаются точному математическому описанию. Однако, несмотря на существующие технические трудности учета факторов, влияющих на адаптацию поведения робота, с учетом оценки темперамента человека, выбор коррекции поведения робота может быть сделан путем сравнения с эталонными моделями поведения из базы данных на основе логико-лингвистического и статистического анализа большого объема из данных наблюдений за поведением ИР в ЧМС в различных ситуациях принятия решения. В то же время, рекомендации психологов могут быть использованы для коррекции поведения ИР. Например:

– При взаимодействии с холериком ИР сначала должен оценить текущую ситуацию, классифицировать ее за определенный промежуток времени τ , а затем перейти к типу правильного (эталонного) поведения, хранящегося в памяти в аналогичной ситуации. При этом, если ИР решает отклонить команду человеку, например, в случае резкой негативной реакции человека, то ИР должен оценить возможность возникновения индивидуально опасных ситуаций для человека, прежде чем продолжать взаимодействие и если степень риска выше приемлемой, то ИР следует на некоторое время прекратить взаимодействие с человеком.

– Прежде чем выполнять команды человека при взаимодействии с сангвиником, ИР должен запросить более подробное объяснение цели операции, а при формулировании рекомендаций по коррекции поведения человека подробно объяснить цель коррекции. Кроме того, при формировании коррекций в поведении и рекомендаций, ИР должен понаблюдать за выражением лица сангвиника и выбрать тот тип рекомендаций, которому будет соответствовать мимика, означающая удовлетворение от взаимодействия с ИР.

– При взаимодействии с меланхоликом ИР должен избегать резких громких команд, которые корректируют поведение человека. В случае невыполнения или неправильного исполнения команд ИР не должен давать негативную оценку его поведению в диалоге с человеком, но в мягкой, не обвиняющей форме должен попросить человека исправить свое поведение с целью выполнения команд и попытаться убедить человека в том, что такая коррекция обеспечит более оптимальное выполнение текущей задачи.

– При взаимодействии с флегматиком ИР должен дать ему много времени для принятия решения о корректировке поведения, затем должен дожидаться эмоциональной реакции человека, после чего ИР должен одобрить исправление поведения.

Наиболее простая реализация в ИР указанных рекомендаций может заключаться в увеличении времени реакции ИР на команды человека и времени выдачи собственных команд в зависимости от типа темперамента человека от сангвиника к флегматику.

Чтобы обеспечить ИР возможностью оценки темперамента человека, с которым он взаимодействует, и адаптации к нему в структуре центральной нервной

системы (ЦНС) ИР, предложенной в [14] необходимо дополнить блок 4 фаззификации, распознавания и принятия решений новыми элементами. Например, экспертными системами, позволяющими посредством диалога с человеком оценивать степень принадлежности последнего к различным типам темперамента и на основе логико-вероятностного и логико-лингвистического анализа условий принятия решений в коллективном взаимодействии для коррекции поведения ИР. В этом случае структура блока 4 может быть следующей (рис. 1).

Блок 4.1 формирует образы, с которыми в дальнейшем будут оперировать внимание (блок 4.2), память (блок 4.3), мышление (блок 4.4), система классификации эмоций (блок 4.5), оценка эмоций (блок 4.6), система классификации темперамента (блок 4.7) и оценка темперамента (блок 4.8). В зависимости от имеющихся у ИР анализаторов [15] в блоке (4.1) используются следующие поступающие из сенсорной системы ЦНС типы сенсорной информации: зрение, осязание, слух, кинестезия, обоняние, вкус.

Блок 4.9 принимает решение о поведении ИР с учетом оценок эмоций (блок 4.6) и темперамента (блок 4.8).

Блок 4.10 осуществляет управление всеми блоками ЦНС и синхронизацию процессов во всех блоках ЦНС, а также осуществляет диалоговое взаимодействие с другими членами ЧМС через блоки 4.11, 4.12 и 4.13.

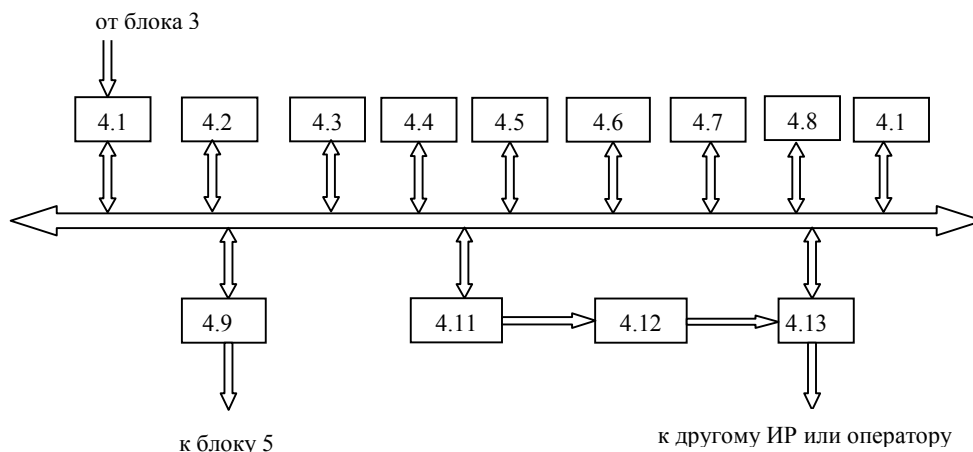


Рисунок 1 – Структура блока 4 в центральной нервной системе ИР с учетом темперамента: 4.1 – восприятие; 4.2 – внимание; 4.3 – память; 4.4 – мышление; 4.5 – система классификации эмоций; 4.6 – оценка эмоций; 4.7 – система классификации темперамента; 4.8 – оценка темперамента; 4.9 – принятие решений; 4.10 – супервизор; 4.11 – язык; 4.12 – речь; 4.13 – человек-машинный интерфейс

Работа блоков (4.7; 4.8) по оценке и коррекции темперамента заключается в следующем.

Блок (4.7) запускает процесс определения типа темпераментов. В то же время блок (4.7) сначала классифицирует темперамент человека конституциональным методом, основанным на анализе изображений человека, выбранных блоком (4.2) из изображений, сгенерированных блоком (4.1) и записанных в память блока (4.3). Оценка темперамента, полученная в блоке (4.7), передается в блок (4.8). Затем блок (4.7) классифицирует темперамент человека диалоговым методом, основанным на анализе ответов человека на вопросы, заданные экспертной системой блока (4.7)

через блоки (4.11 – 4.13). Оценка темперамента, полученная в блоке (4.7), также передается в блок (4.8). Далее, если позволяет время, отведенное на выявление темперамента человека, блок (4.7) классифицирует темперамент человека поведенческим методом, основанным на анализе характеристик поведения человека в различных ситуациях, которые наблюдались ранее и которые хранятся в памяти блока (4.3). Кроме того, блок (4.7) может вызывать определенные реакции человека посредством диалога с помощью блоков (4.11 – 4.13) и анализировать их с помощью блока (4.4). Оценка темперамента, полученная этим методом в блоке (4.7), передается в блок (4.8).

Блок (4.8), сравнивая результаты работы блока (4.7), определяет степень принадлежности типов темперамента, выявленных тремя способами, т.е. значения функций принадлежности ($\mu(c)$, $\mu(x)$, $\mu(f)$, $\mu(m)$). Затем выбирает тип темперамента с большим значением функции принадлежности и переносит его в память блока (4.3). Блок (4.4) корректирует поведение ИР, сформированного в блоке (4.7), в соответствии с инструкциями, хранящимися в памяти блока (4.3) и соответствующими типами темперамента, зафиксированными в памяти блока (4.3).

Моделирование адаптации робота-маршрутизатора к темпераменту водителя

При компьютерном моделировании рассматривалось вождение автомобиля по заданному маршруту водителями разного темперамента с роботом-помощником (навигатором) за минимальное время без ДТП и без превышения максимальной скорости.

Шоссе длиной S содержит несколько участков s_i . Каждый s_i содержит прямые участки s_{ij} длиной l_{ij} и повороты с радиусами R_{ij} и углами поворота ψ_{ij} . Каждый s_{ij} имеет разные коэффициенты сцепления с дорогой ϕ_{ij} . Принимая во внимание динамику автомобиля и безаварийное прохождение маршрута S на каждом участке движения s_i , можно выделить четыре $j = 4$ особых сегмента движения s_{ij} : s_{i1} – ускорение, s_{i2} – равномерное движение, s_{i3} – торможение и s_{i4} – поворот.

При вычислении времени t_{s1} и пути l_{s1} на сегменте ускорения s_{i1} необходимо учитывать, что:

- Автомобиль не может разогнаться до скорости V_{s1} , превышающей допустимую V_m по дорожным условиям ($V_{s1} \leq V_m$);
- Максимальное ускорение при разгоне a_u определяется техническими параметрами автомобиля и обычно рассчитывается из условия времени разгона t_p до заданной скорости V_p ($a_u = V_p/t_p$);
- при учете темперамента оценка ускорения во время ускорения изменяется с учетом времени реакции водителя-холерика $t_{вх}$, или времени реакции водителя-сангвиника $t_{вс}$, или времени реакции водителя-меланхолика $t_{вм}$, или времени реакции водителя-флегматика $t_{вф}$, а также времени подачи команды роботом-навигатором для водителя-холерика $t_{рх}$, сангвиника $t_{рс}$, меланхолика $t_{рм}$ или флегматика $t_{рф}$. Например:

$$a_{ух} = V_p / (t_p + t_{вх} + t_{рх}); a_{ус} = V_p / (t_p + t_{вс} + t_{рс}); a_{ум} = V_p / (t_p + t_{вм} + t_{рм}); a_{уф} = V_p / (t_p + t_{вф} + t_{рф});$$

- Длина траектории l_{s1} на участке разгона s_{i1} не может превышать длину траектории l_{s4} на участках поворота s_{i4} ($l_{s1} \leq l_{s4}$);

При вычислении времени t_{s2} и пути l_{s2} на отрезке s_{i2} равномерного движения необходимо выполнить неравенство: $l_{s2} \leq (S_i - l_{s1} - l_{s3} - l_{s4})$, где l_{s3} и l_{s4} – длины отрезков s_{i3} и s_{i4} .

При расчете времени t_{s3} и пути l_{s3} на участке торможения s_{i3} необходимо учитывать, что:

- Скорость $V_{i3} = V_{i4}$ в конце пути l_{s3} для предотвращения аварии не может быть больше критической V_{ik} для участка s_{i4} – поворот ($V_{i4} \leq V_{ik}$);
- Максимальное ускорение при торможении a_T определяется техническими параметрами транспортного средства и дорожными условиями и обычно рассчитывается, исходя из условия времени торможения t_T от начальной скорости V_{T0} до 0 во время торможения ($a_T = V_{T0}/t_T$) или из тормозного пути S_T ($a_T = V_{T0}^2/2S_T$).

При учете темперамента оценка ускорения при торможении изменяется с учетом времени реакции водителя-холерика $t_{вх}$, или времени реакции водителя-сангвиника $t_{вс}$, или времени реакции водителя-меланхолика $t_{вм}$, или времени реакции водителя-флегматика $t_{вф}$, а также времени о выдаче команд роботом-навигатором водителю-холерику $t_{рх}$, сангвинику $t_{рс}$, меланхолику $t_{рм}$ или флегматику $t_{рф}$. Например:

$$a_{Tx} = V_p/(t_T + t_{вх} + t_{рх}), a_{Tc} = V_p/(t_T + t_{вс} + t_{рс}), a_{Tm} = V_p/(t_T + t_{вм} + t_{рм}), a_{Tf} = V_p/(t_T + t_{вф} + t_{рф});$$

Причем необходимо выполнить неравенство: $l_{s3} + l_{s2} \leq S_i - l_{s1} - l_{s4}$.

При расчете времени t_{s4} и траектории l_{s4} на отрезках s_{i4} поворота необходимо учитывать, что:

- Скорость V_{i4} на отрезке s_{i4} для предотвращения аварии не может превышать критическое значение V_{ik} ($V_{i4} \leq V_{ik}$).

$$V_{ik} = \sqrt{3.6(g * R_{i4} * \varphi_{i4})},$$

где g – ускорение свободного падения, R_{i4} – радиус поворота и φ_{i4} – коэффициент сцепления с дорогой на участке s_{i4} ;

- Длину l_{s4} отрезка s_{i4} поворота можно вычислить по формуле:

$$l_{s4} = (\pi * R_{i4} * \psi_{i4}) / 180^\circ,$$

где: ψ_{i4} – угол поворота на отрезке s_{i4} .

Кроме того, можно принять во внимание, что тормозной путь на сухой дороге может быть приблизительно рассчитан по формуле $S_T = (0,1 * V_{T0})^2$, а на мокрой дороге по формуле: $S_T = (0,1 * V_{T0})^2 + 0,5(0,1 * V_{T0})^2$.

Можно воспользоваться сравнительной табл. 1: Зависимость тормозного пути от качества дорожного покрытия (легковой автомобиль, шины которого имеют средний коэффициент сцепления).

При расчете критической скорости V_{ik} можно воспользоваться табл. 2.

Таблица 1

№	Скорость, V_{T0}	17 м/с	22 м/с	25 м/с
1.	Сухой асфальт, тормозной путь S_T	20.2 м	35.9 м	45.5 м
2.	Мокрый асфальт, тормозной путь S_T	35.4 м	62.9 м	79.7 м
3.	Снежное покрытие, тормозной путь S_T	70.8 м	125.9 м	159.4 м
4.	Ледяное покрытие, тормозной путь S_T	141.7 м	251.9 м	318.8 м

Таблица 2

№	Тип дорожного покрытия	Коэффициент сцепления для шин высокого давления, ϕ	Коэффициент сцепления для шин низкого давления, ϕ
1.	Сухой асфальт	0.7 – 0.8	0.7 – 0.8
2.	Сухая, укатанная грунтовая дорога	0.6 – 0.7	0.4 – 0.6
3.	Грязная, мокрая грунтовая дорога	0.1 – 0.3	0.15 – 0.25
4.	Рыхлая, свежесыпанная почва	0.3 – 0.4	0.4 – 0.6
5.	Уплотненный грунт	0.4 – 0.6	0.5 – 0.7
6.	Мокрый песок	0.3 – 0.6	0.4 – 0.5
7.	Сухой песок	0.25 – 0.3	0.2 – 0.4
8.	Рыхлый снег	0.15 – 0.2	0.2 – 0.4
9.	Укатанный снег	0.25 – 0.3	0.3 – 0.5
10.	Болото	0	0.1
11.	Бетон	0.7 – 0.8	0.7 – 0.8

При компьютерном моделировании прохождения заданного маршрута автомобилями с роботом-навигатором и водителями разного темперамента использовались следующие данные:

Параметры транспортного средства: длина $L = 6$ м, ширина $H = 3$ м;
 Максимально допустимая скорость транспортного средства: $V = 60$ км/ч (16,7м/с);
 Коэффициент сцепления на грунтовой дороге: $\phi = 0,5$ (см. табл. 2);
 Скорость разгона транспортного средства: $V_p=200$ км/ч (56 м/с) за время $t_p=10$ с.

Тогда $a_u = \frac{V_p}{t_p} = 5.6 \text{ м/с}^2$.

Кроме того, согласно табл. 1 при начальной скорости торможения $V_{T0}=28$ м/с тормозной путь $S_T = 100$ м. Тогда минимальное время торможения составит $t_T = 2S_T/V_{T0} = 7.14$ с, а максимальное ускорение при торможении $a_T = V_{T0}/t_T = 3.9$ м/с.

Исходными данными для моделирования прохождения маршрута водителями с разным темпераментом были следующие.

Количество участков на дороге $N=16$.

Количество разбиений на сегменты каждого участка дороги: $J=4$:

$j= 1$ – ускорение, $j= 2$ – равномерное движение, $j= 3$ – торможение, $j= 4$ – поворот.

Длины всех 16 участков дороги s_i : $S_1=1000$ м; $S_2=1200$ м; $S_3=1000$ м; $S_4=1400$ м; $S_5=1000$ м; $S_6=1200$ м; $S_7=1500$ м; $S_8=1000$ м; $S_9=1800$ м; $S_{10}=1000$ м; $S_{11}=2000$ м; $S_{12}=2000$ м; $S_{13} = 1500$ м; $S_{14}=1600$ м; $S_{15}=1000$ м; $S_{16}=1200$ м.

Углы поворота на всех 16 участках дорог ψ_i : $\psi_1=90^0$; $\psi_2=80^0$; $\psi_3=120^0$; $\psi_4=80^0$; $\psi_5= 60^0$ $\psi_6= 95^0$ $\psi_7= 90^0$ $\psi_8=60^0$ $\psi_9= 60^0$ $\psi_{10}= 90^0$ $\psi_{11}= 90^0$ $\psi_{12}= 90^0$ $\psi_{13}= 85^0$; $\psi_{14}=85^0$; $\psi_{15}=90^0$; $\psi_{16}=0^0$.

Радиусы поворота на всех 16 участках дороги R_i : $R_1=2$ м; $R_2=4$ м; $R_3=8$ м; $R_4=10$ м; $R_5= 8$ м; $R_6=, 4$ м; $R_7= 2$ м; $R_8=10$ м; $R_9= 4$ м; $R_{10}=10$ м; $R_{11}= 2$ м; $R_{12}=4$ м; $R_{13}=6$ м; $R_{14}=10$ м; $R_{15}=8$ м; $R_{16}=0$ м.

Коэффициенты сцепления с дорогой на всех 16 участках дороги ϕ_i : $\phi_1=\phi_2=\phi_3=\phi_4=\phi_5=\phi_6=\phi_7=\phi_8= \phi_9= \phi_{10}=\phi_{11}=\phi_{12}=\phi_{13}=\phi_{14}=\phi_{15}=\phi_{16}=0.5$.

Типы темперамента $k=5$: 1 – холерик, 2 – сангвиник, 3 – меланхолик, 4 – флегматик, 5 – темперамент не учитывается.

Минимальное время реакции водителя $t_{e5} = 1$ с.

Минимальное время реакции робота-навигатора $t_{p5} = 0.5$ с.

Время реакции водителя-холерика $t_{e1} = 2$ с.

Время реакции водителя-сангвиника $t_{e2} = 4$ с.

Время реакции водителя-меланхолика $t_{e3} = 6$ с.

Время реакции водителя-флегматика $t_{e4} = 8$ с.

Время, когда робот подает команду водителю-холерику, $t_{p1} = 4$ с.

Время, когда робот подает команду водителю-сангвинику, $t_{p2} = 6$ с.

Время, когда робот подает команду меланхоличному водителю, $t_{p3} = 8$ с.

Время выдачи команды роботом для флегматичного водителя, $t_{p4} = 10$ с.

Алгоритм моделирования

1. Установка начальных условий;
 2. Установочные переменные $i=1$ (первая часть движения); $r=1$ (холерик), $N=16$, $k=4$;
 3. Расчет времени торможения t_{Tr} для водителя с темпераментом r : $t_{Tr} = t_T + t_{er} + t_{pr}$;
 4. Расчет ускорения a_{ur} для водителя с темпераментом r : $a_{ur} = V_p / (t_p + t_{er} + t_{pr})$;
 5. Расчет ускорения при торможении a_{Tr} для водителя с темпераментом r : $a_{Tr} = V_{Th} / t_{Tr}$;
 6. Расчет скорости в конце первого отрезка i -го участка $V_{i1} = V_m$;
 7. Расчет скорости на втором отрезке i -го участка $V_{i2} = V_m$;
 8. Расчет времени прохождения первого отрезка i -го участка водителем с темпераментом r : $t_{i1r} = V_{i1} / a_{ur}$;
 9. Расчет расстояния, пройденного на первом отрезке i -го участка водителем с темпераментом r : $s_{i1r} = (a_{ur} * t_{i1r}^2) / 2$;
 10. Расчет критической скорости перед поворотом водителем с темпераментом r : $V_K = \sqrt{3.6(g * R_i * \phi_i)}$ (ускорение $g=9.8$ м/с²);
 11. Распределение скорости на третьем и четвертом отрезках i -го участка водителем с темпераментом r : $V_{i3} = V_K$, $V_{i4} = V_K$;
 12. Расчет времени t_{i3r} прохождения и пути s_{i3r} на третьем отрезке i -го участка водителем с темпераментом r :

$$t_{i3r} = (V_{i2} - V_{i3}) / a_{Tr}; s_{i3r} = V_{i2} t_{i3r} - (a_{Tr} t_{i3r}^2) / 2$$
;
 13. Расчет пройденного пути на повороте $s_{i4} = (\pi * R_i * \psi_i) / 180$;
 14. Расчет времени прохождения четвертого отрезка i -го участка $t_{i4} = s_{i4} / V_{i4}$;
 15. Расчет расстояния, пройденного на втором отрезке i -го участка водителем с темпераментом r : $s_{i2r} = S_i - s_{i1} - s_{i3r} - s_{i4}$;
 16. Расчет времени в пути водителем с темпераментом r второго отрезка i -го участка: $t_{i2r} = s_{i2r} / V_{i2}$;
 17. Расчет времени в пути по i -му участку водителем с темпераментом r ;
 18. Выбор следующего отрезка пути: $i = i + 1$, если $i > N$, то переход к п.п. 20;
 19. Выполните все операции с пункта 3 по пункт 18;
 20. Выбор следующего типа темперамента: $r = r + 1$, если $r > 5$, то конец алгоритма;
 21. Выполнение всех операций с п. 3 по п. 18.
- Результаты моделирования приведены на рис. 2, рис. 3.

Как видно из рис. 2 и 3, время прохождения маршрута без аварий зависит от типа темперамента водителя. Если не учитывать тип темперамента водителя роботом-навигатором, то это приводит к замедлению прохождения маршрута. Если навигатор переоценивает время выдачи команд, или к авариям из-за высокой скорости входа в поворот, то время выдачи команд не соответствует типу темперамента водителя.

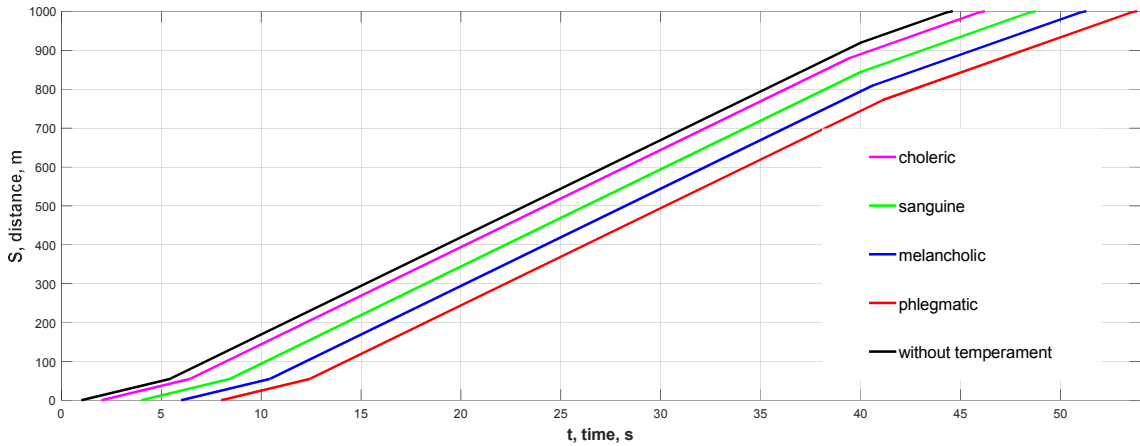


Рисунок 2 – Графики зависимости $S(t)$ от типов темперамента на 1-м отрезке маршрута

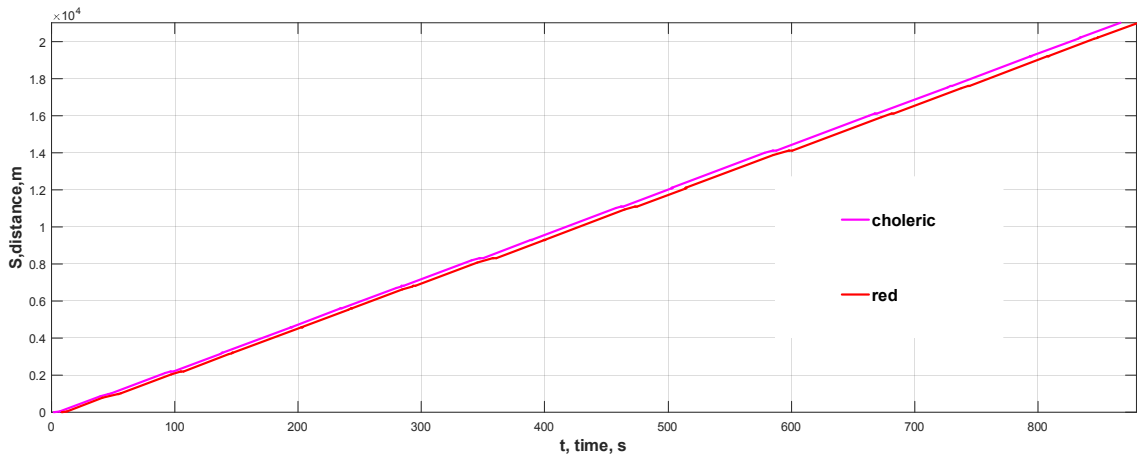


Рисунок 3 – Графики зависимости $S(t)$ от типа темперамента на всем маршруте

Выводы

Проведено исследование особенностей адаптации интеллектуальных роботов к темпераменту человека, с которым он взаимодействует, в результате которого была усовершенствована структура центральной нервной системы робота за счет введения дополнительных модулей классификации и оценки темперамента.

Выявлена целесообразность использования в ИР трех методов диагностики темперамента (конституциональный, диалоговый и поведенческий) и рекомендовано в случае, когда все три метода дают разные результаты, использовать логико-вероятностные и логико-лингвистические методы анализа среды выбора решения, позволяющие корректировать результаты классификации.

На основе рекомендаций психологов предложены новые подходы к адаптации ИР к темпераменту членов ЧМС при принятии решений, использующие оценки темперамента членов ЧМС на основе диалогов и логико-вероятностных и логико-лингвистических методов обработки сигналов.

Результаты компьютерного моделирования движения автомобилей с водителями различного темперамента и роботами – маршрутизаторами, учитывающими темперамент водителя, показали целесообразность и важность учета темперамента водителя при поиске оптимальных скоростей прохождения маршрута. В противном случае не рассмотрение темперамента водителя может привести к авариям на поворотах.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FFNF-2021-0008121112500304-4).

Список литературы

1. Madrigal, Alexis C. Meet the Cute, Wellies-Wearing, Wikipedia-Reading Robot That's Going to Hitchhike Across Canada (англ.) [Текст] / Madrigal, Alexis C. // *The Atlantic*. – 12 June 2014.
2. Трошина С. В. Темперамент человека: суть, виды и их характеристика [Текст] / Трошина С. В.
3. Гуревич П. С. Психология: Учебник / П.С. Гуревич. – 2-е изд. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 332 с.
4. Незнанов Н.Г. Психиатрия [Электронный ресурс] : учебник / Незнанов Н.Г. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970438282.html>
5. Човдырова, Г.С. Клиническая психология. Общая часть: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Г.С. Човдырова, Т.С. Клименко. - М. : ЮНИТИ-ДАНА: Закон и право, 2017. — 247 с. - ISBN 978-5-238-01746-4. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1028496>
6. Кречмер Эрнст. Строение тела и характер. – Издательство: Академический проект, (2015)
7. Психологические тесты для профессионалов) [Текст] / авт. сост. Н.Ф. Гребень. – Минск: Соврем. шк., 2007. – 496с
8. Русалов В. М. Опросник структуры темперамента (ОСТ) [Текст] / Русалов В. М. – М.: ИП АН СССР, 1990. – 50 с.
9. Личностный опросник ЕРІ (методика Г. Айзенка) [Текст] // Альманах психологических тестов. – М., 1995. – С. 217-224.
10. Сборник психологических тестов. Часть I: Пособие [Текст] / Сост. Е.Е. Миронова – Мн.: Женский институт ЭНВИЛА, 2005. – 155 с.
11. Менделевич В. Д. Клиническая и медицинская психология Учебное пособие 6 [Текст] / В. Д. Менделевич. – «МЕДпресс-информ», 2008. – 432 с.
12. Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasonings [Текст] / Zadeh L.A. // *Information Sciences*. – № 8(3). – 1975. – P. 199-249.
13. Городецкий А. Е. Управление и нейронные сети [Текст] / Городецкий А. Е., Тарасова И. Л. – СПб.: Изд-во Политехн ун-та, 2005. – 312 с.
14. Andrey E. Gorodetskiy. Smart Electromechanical Systems: The Central Nervous Systems [Текст] / Andrey E. Gorodetskiy, Vugar G. Kurbanov // *Studies in Systems, Decision and Control 95*, Springer International Publishing, Swizarland, ISBN 978-3-319-53326-1, 2017, 270p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-53327-8>.
15. Дорохина Г. В. Требования к информационной технологии цифрового сбора, обработки и анализа данных [Текст] / Дорохина Г. В. // *Проблемы искусственного интеллекта*. – № 4(19). – 2020. – С. 4-9.

References

1. Madrigal, Alexis C. Meet the Cute, Wellies-Wearing, Wikipedia-Reading Robot That's Going to Hitchhike Across Canada, *The Atlantic* (12 June 2014).
2. Troshina S. V. *Human temperament: essence, types and their characteristics*. <http://lemur59.ru/node/10506>
3. Gurevich P. S. *Psychology: Textbook* / P.S. Gurevich. 2-Urga Ed. M.: NIC INFRA-M, 2015, 332 p. (In Russian)
4. Neznanov N. G. *Psychiatry* [Electronic resource] : textbook. M.: GEOTAR-Media, 2016. <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970438282.html>
5. Chovdyrova, G. S. *Clinical psychology. General part: studies. manual* / G.S. Chovdyrova, T.S. Klimenko. M.: UNITY-DANA: Law and Law, 2017, 247 p. ISBN 978-5-238-01746-4. <http://znanium.com/catalog/product/1028496>
6. Kretschmer Ernst "Body structure and character", Publishing House: "Academic Project", 2015, 328 p. ISBN: 978-5-8291-1765-8. (In Russian)
7. *Psychological tests for professionals/* author. comp. N.F. Comb. Minsk: Sovrem. shk., 2007, 496 p. (In Russian)

8. Rusalov V.M. *Questionnaire of temperament structure (OST)*. M.: IP of the USSR Academy of Sciences, 1990, 50 p. (In Russian)
9. EPI personality Questionnaire (G.Aizenka's methodology) /*Almanac of Psychological tests* M., 1995, pp. 217-224. (In Russian)
10. *Collection of psychological tests*. Part I: Manual / Comp. E.E.Mironova Mn.: Women's Institute of ENVILA, 2005. – 155 p. (In Russian)
11. Mendelevich V. D. *Clinical and medical psychology Textbook 6*, "MEDpress-inform" 2008, 432 p. (In Russian)
12. Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasonings. *Information Sciences*, 8(3), 1975, pp. 199-249.
13. A.E. Gorodetskiy, I.L. Tarasova. *Upravlenie i neironnye seti*. [Control and neural networks]. SPb : Publishing house of the Polytechnic. University Press, 2005. 312 p. (in Russian).
14. Andrey E. Gorodetskiy, Vugar G. Kurbanov. Smart Electromechanical Systems: The Central Nervous Systems. / *Studies in Systems, Decision and Control 95*, Springer International Publishing, Swizarland, ISBN 978-3-319-53326-1, 2017, 270p. [http://dx.doi.org/ 10.1007/978-3-319-53327-8](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-53327-8).
15. Dorokhina G. V. Requirements to information technology for collecting, processing and analyzing of data in digital form // *Problems of Artificial Intelligence*, №4(19)' 2020, pp. 4-9.

RESUME

A. E. Gorodetskiy, I. L. Tarasova

Optimization of Movement by the Robot Router Taking into Account the Temperament of the Driver

The improvement of control systems for intelligent robots interacting with humans is largely related to the development of methods for assessing and accounting for human temperament.

In the article, based on the analysis of existing types of classifications of human temperament, it is recommended to use three methods of temperament classification in the central nervous system of intelligent robots: constitutional, based on the analysis of human images; dialog, based on the analysis of human responses to questionnaire questions, and behavioral, based on the analysis of human behavior characteristics in various situations.

It is shown that when the classification results differ by these methods, it is advisable either to choose the type of temperament for which the largest value of the membership function is, or to use an expanded list of temperament types for temperament assessment with appropriate correction of the degree of belonging to a certain type based on logical-probabilistic and logical-linguistic analysis of the results of robot-human interaction in various situations.

In addition, to correct the robot's behavior, it is proposed to compare its behavior in the current decision-making situation with reference behavior models from a database built on the basis of logical-linguistic and statistical analysis of situations in the past.

In order to endow an intelligent robot with the ability to assess the temperament of a person with whom it interacts and adapt to it, it is proposed to introduce into the structure of its central nervous system a number of additional software blocks that will diagnose temperament using logical and linguistic methods and correct behavior in an interactive mode.

The paper presents an algorithm and the results of computer simulation of driving a car along a given route by drivers of different temperaments with a robot assistant (navigator) for the minimum time of passing the route without accidents and without exceeding the maximum speed, which showed that taking into account the driver's temperament allows you to minimize the time of passing the route without accidents, and not taking into account temperament can lead to accidents when passing turns. The latter confirms the expediency of endowing intelligent robots with the ability to adapt to human temperament.

РЕЗЮМЕ

*А. Е. Городецкий, И. Л. Тарасова
Оптимизация движения роботом-маршрутизатором
с учетом темперамента водителя*

Совершенствование систем управления интеллектуальными роботами, взаимодействующими с человеком, во многом связано с разработкой методов оценки и учета темперамента человека.

В статье на основе анализа существующих типов классификаций человеческого темперамента рекомендуется в центральной нервной системе интеллектуальных роботов использовать три метода классификации темперамента: конституциональный, основанный на анализе изображений человека; диалоговый, основанный на анализе ответов человека на вопросы анкеты, и поведенческий, основанный на анализе особенностей поведения человека в различных ситуациях.

Показано, что при расхождении результатов классификации этими методами целесообразно либо выбрать тип темперамента, для которого задана наибольшая величина функции принадлежности, либо использовать для оценки темперамента расширенный список типов темперамента с соответствующей коррекцией степени принадлежности к определенному типу, основанной на логико-вероятностном и логико-лингвистическом анализе результатов взаимодействия робота с человеком в различных ситуациях.

Кроме того, для коррекции поведения робота предлагается осуществлять сравнения его поведения в текущей ситуации принятия решения с эталонными моделями поведения из базы данных, построенной на основе логико-лингвистического и статистического анализа ситуаций в прошлом.

Для того чтобы наделить интеллектуального робота способностью оценивать темперамент человека, с которым он взаимодействует и адаптироваться к нему, предлагается ввести в структуру его центральной нервной системы ряд дополнительных программных блоков, которые будут осуществлять диагностику темперамента логико-лингвистическими методами и коррекцию поведения в интерактивном режиме.

В работе приводятся алгоритм и результаты компьютерного моделирования вождения автомобиля по заданному маршруту водителями разного темперамента с роботом-помощником (навигатором) за минимальное время прохождения маршрута без аварий и без превышения максимальной скорости. Результаты компьютерного моделирования показали, что учет темперамента водителя позволяет минимизировать время прохождения маршрута без аварий, а его не учет может привести к несчастным случаям при прохождении поворотов. Последнее подтверждает целесообразность наделяния интеллектуальных роботов способностью адаптироваться к человеческому темпераменту.

Статья поступила в редакцию 23.01.2023.