

УДК 004.5

Ю. В. БОНДАРЕНКО, А. А. МОТЧАНЬЙ, А. А. ОРЕХОВ*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ПРОЕКТИРОВАНИЕ КООПЕРАТИВНЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ**

В статье рассматриваются исследования в области кооперативных транспортных систем, и обосновывается их актуальность. Предлагается подход к проектированию кооперативного человеко-машинного интерфейса интеллектуальных транспортных систем. Анализируется нормативная база стандартов, и определяются требования к человеко-машинным интерфейсам данного класса систем. Разработана архитектура кооперативного человеко-машинного интерфейса на основе облачной инфраструктуры. В качестве ядра системы принятия решений предлагается использовать дерево решений. Обоснован и выбран профиль методов оценки качества кооперативных человеко-машинных интерфейсов.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, кооперативные системы, человеко-машинный интерфейс, система принятия решений, искусственный интеллект.

Введение

Современное состояние информационно-коммуникационных технологий позволяет транспортным системам перейти сегодня на новый уровень. Во многих странах активно ведутся исследования в области интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и их человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) [1, 2]. Природа задач, решаемых в ИТС, предполагает использование беспроводных децентрализованных самоорганизующихся сетей, узлы которых могут независимо перемещаться в любых направлениях, разрывая и устанавливая соединения с соседними узлами. Подобного рода ИТС получили название кооперативных [3, 4].

Исследования в этом направлении являются актуальными из-за постоянно растущего числа автомобилей и аварий со смертельными исходами, которые происходят из-за когнитивной перегрузки водителя, отвлечения его внимания и недостаточной информированности о возможных угрозах со стороны других участников движения, состояния дорог и т.п.

Кооперативные системы могут значительно улучшить осведомленность участников дорожного движения о ситуации на дороге, о потенциальных опасностях и рисках. Для прогнозирования опасностей на дороге требуется централизованный вычислительный центр, основная задача которого интеграция и анализ информации с датчиков автомобилей, участвующих в кооперации, а также информирование остальных участников кооперации. Информация об опасностях должна передаваться водителю

через человеко-машинный интерфейс.

Таким образом, при проектировании кооперативных систем особое внимание следует уделить решению следующих задач: проектированию человеко-машинного интерфейса, организации сбора и хранения данных о состоянии водителя и транспортного средства, анализу данных и принятию решений.

Целью работы является определение и анализ особенностей разработки ЧМИ для кооперативных ИТС на основе облачной инфраструктуры.

1. Обзор работ

Самыми масштабными проектами в области кооперативных систем являются CVIS (Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems), COOPERS (COOPerative SystEms for Intelligent Road Safety), Safespot, eSafety [5].

Большинство разработок в области кооперативных систем базируется на сетевой технологии взаимодействия движущихся объектов на небольших расстояниях DSRC - Dedicated Short Range Communications. Эта технология позволяет создавать системы типа V2V (Vehicle-to-vehicle) и V2I (vehicle-to-infrastructure). На базе нее построены передовые системы помощи водителю, такие как кооперативно-адаптивный круиз-контроль, система поддержания полосы движения, система предупреждения столкновений [6].

Прототип кооперативного ЧМИ (КЧМИ) по содействию смены полосы движения (прогнозиро-

вание столкновений, корректировка траекторий транспортных средств (ТС)) представлен в [7, 8]. Модель вождения построена на высококооперативном подходе, использующем методы из области распределенного искусственного интеллекта (ИИ) и мультиагентных систем.

Еще одним примером кооперации является система позиционирования транспортных средств, в которой несколько транспортных средств кооперативно калибруют свои позиции и распознают окружающие транспортные средства с помощью GPS приемников и датчиков дальности [9].

Проводятся исследования по созданию прототипа кооперативного автомобильного ЧМИ, в котором реализуются сценарии предупреждения коллизий на перекрестке [10]. ЧМИ предоставляет 3 уровня поддержки - информационные сообщения, предупреждения и рекомендации действий.

Идею использования облачных технологий для построения кооперативной автомобильной сети воплотила в жизнь компания Volvo Cars [11]. Информация об интенсивности движения и состоянии дорожного покрытия, полученная на основе датчиков автомобиля, сделана доступной другим участникам движения и государственным организациям, ответственным за дорожную инфраструктуру.

В [12] предложен новый принцип построения КЧМИ для ИТС на основе облачных вычислений.

Актуальными являются исследования по созданию систем слежения за состоянием водителя с помощью биометрических датчиков, например, система слежения за усталостью водителя. Такие системы следят за лицом и мимикой водителя с помощью камеры [13]. Другая область использования биометрических датчиков связана с контролем физического состояния водителей (мониторинг сердечного ритма, изменение сахара в крови). Также разрабатываются системы защиты от нетрезвого водителя [14, 15].

Отдельной темой является международная деятельность по проблеме отвлечения водителя [16].

Одним из значимых направлений разработки технологических основ ИТС является стандартизация. Анализ международной практики в области архитектуры и стандартизации ИТС рассмотрен в [17].

2. Анализ требований к ЧМИ ИТС

Основными руководствами по проектированию автомобильных ЧМИ являются ESOP - European Statement of Principles on Human Machine Interface [18], JAMA - Japan Automobile Manufacturers Association Guidelines for InVehicle Display Systems [19], а также Alliance of Automobile Manufacturers (AAM)

Statement of Principles, основанное на первых двух [20]. Свойства и требования к КЧМИ ИТС, определенные на основе анализа стандартов, рекомендаций и контекста использования, приведены в таблице 1.

3. Проектирование

3.1. Принцип работы

Рассмотрим принцип работы КЧМИ. Данные о состоянии автомобиля, водителя и окружающей среде компонуются и передаются на сервер. Эти данные могут формироваться как автоматически, так и с помощью водителя.

Таблица 1

Требования к ЧМИ

Свойство	Описание требования	Ист.
Юзабилити (Результативность, эффективность и удовлетворенность. (ISO 9241 [21]))	- обратная связь системы с водителем должна быть своевременной и заметной; - водителю должна предоставляться информация о текущем состоянии системы и любом ее сбое; - визуальная информация должна быть отображена таким образом, чтобы водитель мог оценить соответствующую информацию за несколько взглядов	ESOP
	Водитель всегда должен иметь возможность оставить, по крайней мере, одну руку на руле во время взаимодействия с системой	ESOP, JAMA
	Система не должна заслонять поле зрения водителя, необходимое для вождения	JAMA
Безопасность	- система должна помогать водителю и не должна приводить к потенциально опасному поведению водителя или других участников дорожного движения (ДД); - система не должна отвлекать водителя и перенимать его внимание, необходимое для слежения за ситуацией на дороге; - система не должна представлять информацию водителю, которая приводит к потенциально опасному поведению водителя или других участников ДД; - информацию, наиболее относящуюся к безопасности, нужно предоставлять с более высоким приоритетом	ESOP

Окончание табл. 1

Свойство	Описание требования	Источник.
Адаптивность	Система должна поддерживать возможность настройки параметров оповещения	ESOP, JAMA
	Зависимость конфигураций интерфейса от возможностей автомобиля	
Простота	Инструкции системы должны быть просты, корректны и понятны	ESOP, JAMA
	Визуальная информация должна предоставляться частями, чтобы система управлялась пошагово	JAMA
Экологичность	Система должна представлять информацию в виде наглядных образов, облегчающих не только ее восприятие, но и выполнение необходимых для ее обработки когнитивных операций [22]	
Когнитивная совместимость	Интерфейс не должен вызывать у пользователя неоднозначную реакцию. Результат действий пользователя не должен расходиться с его ожиданиями	
Другие требования	Яркость, контраст, цвета и другие параметры дисплея должны быть таковы, чтобы водитель не был ослеплен дисплеем ночью	JAMA

На сервере происходит анализ полученных данных, обнаруживаются возможные риски и принимаются решения о вероятных опасностях для каждого участника ДД. Оповещение водителя осуществляется посредством сообщений в различной форме (визуальной, звуковой, тактильной). Обмен данными между сервером и клиентами происходит по беспроводному каналу связи.

3.2. Сценарии кооперации

В процессе движения водитель ТС посредством ЧМИ информируется об угрожающих ему опасно-

стях. На рисунке 1 показаны зоны потенциального риска для каждого транспортного средства. ТС 1 и ТС 2 являются потенциально опасными друг для друга. Объект 3 представляет угрозу только для ТС 3, соответственно объект 4 - для ТС 2. Объект 5 не является потенциально опасным для обоих транспортных средств.

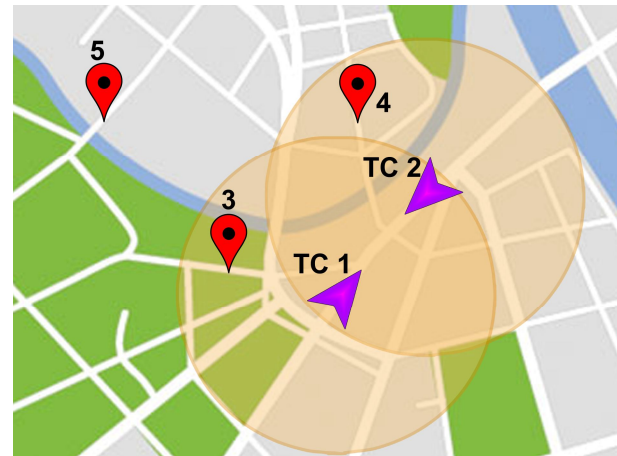


Рис. 1. Зоны потенциальной опасности для транспортных средств:
ТС 1, ТС 2 – транспортные средства;
3 - 5 – объекты опасности

В результате анализа были определены следующие сценарии кооперации:

1. Возможное столкновение с встречным или догоняющим автомобилем.
2. Агрессивное вождение.
3. Водителю плохо.
4. Нетрезвый водитель.
5. Опасный участок дороги.

В качестве примера рассмотрим сценарий “Опасный участок дороги”. Автомобиль, проезжая опасный участок дороги (например, гололед, туман, плохое дорожное покрытие, пробка, авария, ремонтные работы), отправляет на сервер соответствующее сообщение. Сервер обрабатывает данные и рассылает предупреждения тем участникам кооперации, которые находятся в зоне риска. Опасный участок дороги на карте помечается предупредительным знаком.

3.3. Архитектура

Так как КЧМИ должен обеспечить взаимодействие множества ТС посредством общего вычислительного центра, то его можно реализовать на основе клиент-серверной архитектуры (рис. 2). Вычислительный центр предлагается организовать на основе облачной инфраструктуры. На сервере хранится информация об участниках кооперации, их со-

стоянии, местоположении, а также ведется прогнозирование и ранжирование опасностей и рисков для всех ТС. Клиентский автомобильный ЧМИ отображает на карте местности информацию о своем местоположении и местоположении транспортных средств, участвующих в кооперации, а также предупреждения и рекомендации, направленные на снижение рисков возникновения ДТП.

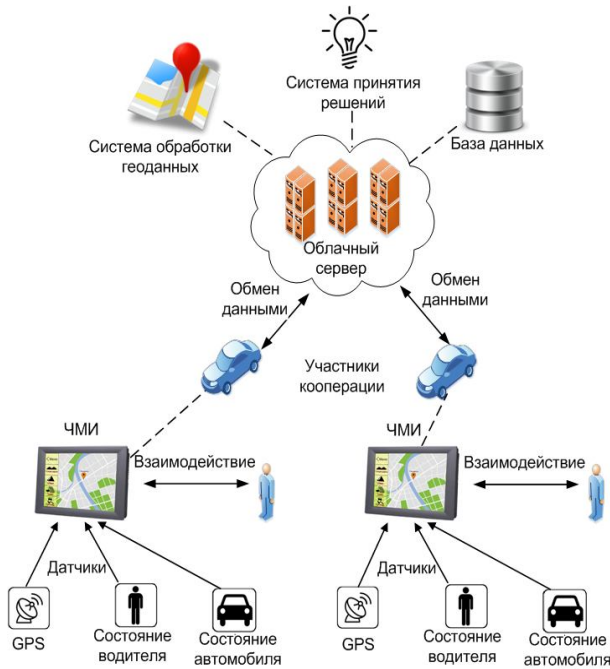


Рис. 2. Архитектура кооперативного ЧМИ

Внедрение такого рода систем в серийное производство возможно только на новых, прогрессивных, высокотехнологичных и, следовательно, достаточно дорогих автомобилях. Поэтому необходимо предусмотреть возможность других реализаций клиентского модуля системы:

- в виде готового устройства с интерфейсом и предустановленным программным обеспечением;
- в виде приложения для смартфона (но в таком случае в полной мере не гарантируется воспроизведение всех описанных возможностей интерфейсной части).

Обмен данными между участниками кооперации и сервером осуществляется по беспроводному каналу связи. Для обеспечения актуальности данных и уменьшения чувствительности к потере пакетов должна использоваться технология мобильной связи не ниже третьего поколения (3G), обладающая высокой скоростью передачи данных.

Для такого рода архитектуры был выбран протокол полнодуплексной связи поверх TCP-соединения - WebSocket [23]. Протокол дает полную свободу в обмене данными: два равноправных участника обмениваются данными, каждый работает

самостоятельно, и в нужный момент времени отправляет данные другому.

3.4. Серверная часть

Одним из основных компонентов серверной части КЧМИ является система принятия решений, задача которой - анализ данных (информация о состоянии водителя, автомобиля, состоянии дороги, погодных условий и т.д.) и последующее прогнозирование возможной ситуации (ухудшение состояния водителя, аварийная ситуация и т.д.).

Каждый пользователь регистрируется в системе. Учетная информация хранится в базе данных и используется для аутентификации и прогнозирования.

Одной из ключевых задач является определение полезных данных для каждого участника кооперации. Этим занимается модуль, который с высокой периодичностью получает и обрабатывает данные о местоположении транспортных средств и принимает решение о зонах опасности для участников кооперации. То есть, нахождение автомобилей в достаточной близости (допустим в радиусе 500м) еще не означает, что данные друг о друге полезны (например, если они движутся по параллельным дорогам через квартал друг от друга или же по одной дороге, разъехавшись, в противоположных направлениях).

Задачи прогнозирования возлагаются на элемент ИИ - дерево принятия решений. Это средство поддержки принятия решений, использующееся в статистике и интеллектуальном анализе данных для прогнозных моделей [24]. Их назначение состоит в том, чтобы создать модель, которая предсказывает значение целевой переменной на основе нескольких переменных на входе.

3.5. Прототип клиентской части

Рассмотрим реализацию КЧМИ ИТС в виде приложения для мобильного устройства.

Все рабочее пространство пользовательского интерфейса занимает карта местности. Текущее положение водителя отображается на карте в виде маркера. В ЧМИ предусмотрена возможность вручную оповестить других водителей об опасном участке дороги путем нажатия кнопки со схематическим изображением вида опасности на специальной панели (рис.4).

В результате анализа было идентифицировано несколько видов опасностей. Панель опасностей представляет собой всплывающее боковое меню. Опасные объекты и участки дороги отмечаются на карте с помощью маркеров. Цвет маркера зависит от уровня опасности: красный – высокая опасность, оранжевый – средняя, желтый – низкая, зеленый –

информационная метка. Оповещение о появлении новой опасности дублируется также звуковыми сигналами или голосовыми сообщениями, параметры которых (громкость, длительность и т.д.) также зависят от уровня опасности.

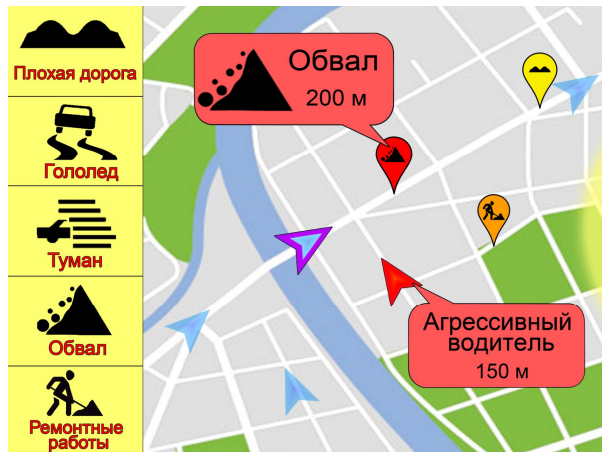


Рис. 4. Пользовательский интерфейс

Если опасность высокая, возле маркера опасности отображается информационное сообщение (рис.4). Для привлечения внимания водителя может использоваться мигание (мигание маркеров, информационных сообщений или дисплея).

Интерфейс обладает свойством адаптивности. Это свойство реализовано за счет настроек параметров оповещения и радиуса опасности.

3.6. Оценка качества кооперативных ЧМИ ИТС

Оценка качества КЧМИ ИТС выполняется на всех этапах жизненного цикла. Для этого был обоснован и выбран следующий профиль методов оценивания. На первом этапе проектирования ЧМИ анализируется контекст использования, разрабатываются сценарии использования, и разрабатывается профиль (модель) качества ЧМИ. На этапе разработки и выбора прототипа оценивается эффективность взаимодействия водителя и ЧМИ с помощью метода GOMS (the model of Goals, Objects, Methods and Selection rules) [25]. С помощью GOMS определяется время, необходимое пользователю для выполнения любой, четко сформулированной задачи, для которой данный интерфейс предусмотрен.

На следующем этапе проектирования оценивается безопасность выбранного прототипа ЧМИ с помощью методов анализа рисков. Для оценки безопасности ЧМИ ИТС предлагается использовать методы оценки риска HAZOP (Hazard and Operability Study) и FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) [26], а также их комбинацию, которая позволяет проводить исследование на осно-

ве управляющих слов, но при этом оценивать тяжесть и критичность последствий.

На завершающем этапе оценивания готового ЧМИ выполняется оценка юзабилити, а также вычисляется комплексный показатель качества на основании профиля качества. При этом оцениваются такие характеристики, как адаптивность ЧМИ для различных категорий водителей, когнитивная совместимость, простота использования и т.п. Интегральный показатель качества вычисляется с помощью метода экспертной метрической оценки [27]. Таким образом, в результате проектирования обеспечивается качество КЧМИ ИТС на базе облачных вычислений.

Заключение

В рамках проведенных исследований были идентифицированы свойства КЧМИ ИТС и требования к их реализации, определены сценарии кооперации, выполнено обоснование выбора архитектуры КЧМИ ИТС на основе облачной инфраструктуры, предложен прототип интерфейсной части системы, обоснован и выбран профиль методов оценки качества КЧМИ ИТС.

Дальнейшие исследования будут проводиться в следующих направлениях: разработка модулей серверной части и интеллектуальной компоненты, сбор и анализ обучающего набора данных для прогнозирования, разработка программного обеспечения прототипа клиентской части интерфейса; тестирование и оценивание характеристик интерфейса.

Применение КЧМИ ИТС позволит повысить безопасность и эффективность вождения транспортного средства за счет снижения когнитивной нагрузки и более высокой степени информированности водителя о возможных рисках. Однако внедрение таких систем возможно при условии кооперации и общих усилий производителей и стандартизации новых подходов.

Литература

1. Козлов, Л. Н. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России [Текст] / Л. Н. Козлов, Ю. М. Урличич, Б. Е. Циклис // *Транспорт Российской Федерации*. – 2009. – № 3-4 (22-23). – С. 30–35.
2. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст] : пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. – Д. : Изд-во Днепрпетр. нац. ун-та жс.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.

3. Кребс, В. Исследование вопросов локализации кооперативных систем транспортной телематики [Текст] : автореф. дис. ... д-ра инж. наук / Кребс Виктор ; Институт транспорта и связи. – Рига, 2015. – 52 с.

4. Intelligent transport systems - Cooperative ITS - Part 1: Terms and definition [Text] : ISO/TR 17465-1:2014. - Introduced 2014-10-15. – Geneva : International Organization for Standardization, 2010. – 9 p.

5. Grumert, E. Cooperative systems an overview [Electronic resource] / E. Grumert. – Access mode: <https://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/samverkandesystem--en-oversikt.pdf>. – 18-02-2011.

6. Тойота Мотор Корпорэйшн» (Япония) представляет новые системы безопасности автомобилей [Electronic resource]. – Access mode: <http://tcorolla-club.ru/toyota-motor-korporejshn-yaponiya-predstavlyayet-novye-sistemy-bezopasnosti-avtomobilej/>. – 18.10.2013

7. A model for an innovative Lane Change Assistant HMI [Text] / D. Pinotti, F. Tango, M. Losi, M. Beltrami // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2013 Annual Conference. – Torino, Italy, 2013. – P.149-159.

8. Kelsch, J. Cooperative Lane Change Assistant: Background, Implementation & Evaluation [Text] / J. Kelsch, M. Dziennus, F. Köster // Proceedings to AAET, 12-13 february 2015. – Braunschweig, Germany, 2015. – P. 65-85.

9. Fujii, S. Cooperative Vehicle Positioning via V2V Communications and Onboard Sensors [Text] / S. Fujii, S. Kaneda, M. Takai // Proceedings to IEEE Vehicular Technology Conference, 5-8 september 2011. – San Francisco, CA, 2011. – P. 1-5.

10. Bauer, E. PRORETA 3: An Integrated Approach to Collision Avoidance and Vehicle Automation [Text] / E. Bauer, F. Lotz, M. Pfromm // At - Automatisierungstechnik. – 2012. – № 12. – P. 755-765.

11. Широкун, И. Облачный сервис Volvo Cloud: Расскажи всем [Электронный ресурс] / И. Широкун. – Режим доступа: <http://www.autocentre.ua/news/praktika/oblachnyy-servis-volvo-cloud-rasskazhi-vsem-sc-64847.html>. – 15.03.2015.

12. The cooperative human-machine interfaces for cloud-based advanced driver assistance systems: Dynamic analysis and assurance of vehicle safety [Text] / V. Kharchenko, A. Orehov, E. Brezhnev and other // IEEE 14th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), September 26-29. – Kiev, Ukraine, 2014. – P. 1-5.

13. Под надзором: системы безопасности современного автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://geektimes.ru/company/canasonic_russia/blog/246652/. – 5.03.2015.

14. В новой Тойоте предусмотрена защита от пьяного водителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abw.by/news/1430/>. – 31.08.2009.

15. Volvo Alcolock A tool against road fatalities [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://](http://archive.etsc.eu/documents/PILSKOG_Alcolock.pdf)

archive.etsc.eu/documents/PILSKOG_Alcolock.pdf. – 24.09.2008.

16. Overview of International Activities to Limit Distraction [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www2.unecce.org/wiki/download/attachments/5801841/ITS-21-06e.pdf?api=v2>. – 15.03.2013.

17. Комаров, В.В. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика [Текст] / В. В. Комаров, С. А. Гараган. – М. : НТБ «Энергия», 2012. – 352 с.

18. Commission recommendation of 22 December 2006 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: update of the European Statement of Principles on human machine interface (2007/78/EC) [Electronic resource] / Official Journal of the European Union. – L 32/200. – 6.02.2007. – P. 200-241. – Access mode: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2007.032.01.0200.01.ENG&toc=OJ:L:2007:032:TOC. – 15.03.2015.

19. JAMA - Japan Automobile Manufacturers Association Guidelines for In-Vehicle Display Systems, Version 3.0 [Electronic resource]. – Access mode: http://www.jama-english.jp/release/release/2005/jama_guidelines_v30_en.pdf. – 18.08.2004.

20. Alliance of Automobile Manufacturers (AAM) Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems [Electronic resource]. – Access mode: https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiC763ntq_JAhVILHKHS8FBM4QFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.autoalliance.org%2Findex.cfm%3Fobjectid%3DD6819130-B985-11E1-9E4C000C296BA163&usq=AFQjCNEbPAVAVmleldSUIj2D39DOhs2_zA&sig2=n9I_IEv8HWlaC_Q2o_ycLg. – 26.06.2006.

21. Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems [Text] : ISO 9241-210:2010. – Geneva : International Organization for Standardization, 2010. – Introduced 2014-10-16. – 32 p.

22. Анохин, А. Н. Адаптивный человеко-машинный интерфейс для операторов атомных станций [Текст] / А. Н. Анохин. // Збірник 16 наукових праць СХУЯЕтаП. – 2013. – С. 16–25.

23. Vos, J. JSR 356, Java API for WebSocket [Электронный ресурс] / J. Vos. – Режим доступа: <http://www.oracle.com/technetwork/articles/java/jsr356-1937161.html>. – 1.04.2015.

24. Методы классификации и прогнозирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bug.kpi.ua/stud/work/RGR/DATAMINING/classfocastmethods.html#>. – 1.04.2015.

25. GOMS Models: An Approach to Rapid Usability Evaluation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.eecs.umich.edu/~kieras/goms.html>. – 1.04.2015.

26. *Risk management – Risk assessment techniques: [Text] / ISO/IEC 31010:2009. – Introduced. 2009-11-01. – Geneva: International Organization for Standardization, 2009. – 176 p.*

27. *Bevan, N. International Standards for HCI and Usability [Text] / N. Bevan // International Journal of Human-Computer Studies. – 2006. – 55 (4). – 11 p.*

Поступила в редакцію 12.10.2015, рассмотрена на редколлегии 18.11.2015

ПРОЕКТУВАННЯ КООПЕРАТИВНИХ ЛЮДИНО-МАШИНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ: ПРОБЛЕМИ ТА ЇХ ВИРІШЕННЯ

Ю. В. Бондаренко, А. О. Мотчаній, О. О. Орехов

У статті розглядаються дослідження в області кооперативних транспортних систем, і обґрунтовується їх актуальність. Пропонується підхід до проектування кооперативного людино-машинного інтерфейсу інтелектуальних транспортних систем. Аналізується нормативна база стандартів і визначаються вимоги до людино-машинних інтерфейсів даного класу систем. Розроблено архітектуру кооперативного людино-машинного інтерфейсу на основі хмарної інфраструктури. Як ядро системи прийняття рішень пропонується використовувати дерево рішень. Обґрунтовано та обрано профіль методів оцінки якості кооперативних людино-машинних інтерфейсів.

Ключові слова: інтелектуальні транспортні системи, кооперативні системи, людино-машинний інтерфейс, система прийняття рішень, штучний інтелект.

DESIGN OF COOPERATIVE HUMAN-MACHINE INTERFACES FOR INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Y. V. Bondarenko, A. O. Motchanyi, O. O. Orehov

Researches in the domain of cooperative transport systems have been discussed, their relevance is substantiated. An approach to design of cooperative human-machine interface for intelligent transport systems have been suggested. Standards and requirements for human-machine interface have been analyzed. The architecture of cloud-based cooperative human-machine interface has been developed. Decision tree is proposed to be used as the core of decision-making system. The profile of quality assessment methods of cooperative human-machine interfaces is substantiated and chosen.

Key words: intelligent transport systems, cooperative systems, human-machine interface, decision-making system, artificial intelligence.

Бондаренко Юлія Валерієвна – магістрант кафедри комп'ютерних систем і мереж, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: yulyabondarenko93@gmail.com.

Мотчаній Артем Алексеевич – магістрант кафедри комп'ютерних систем і мереж, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: motchanyiaa@gmail.com.

Орехов Александр Александрович – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: a_orehov@rambler.ru.