

УДК 629.331:629.067+004.9

# **РАСПРЕДЕЛЁННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНООРГАНИЗОВАННОЙ ГРУППЫ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЕДИНОГО ВИРТУАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА**

Р. И. Хасанов, к. т. н., доц. / Оренбургский государственный университет

На сегодняшний день существуют технические решения для позиционирования одиночно движущихся автотранспортных средств (АТС) [1–6]. Однако не следует забывать, что существует задача позиционирования группы АТС, движущихся как произвольно, так и в организованной группе (колонне, кортеже). Сферы деятельности, в которых принимают участие автомобили, действующие в сложноорганизованной группе, активно расширяются [7–10]. Состав одновременно используемых в группе классов АТС также весьма разнообразен не только по эксплуатационным характеристикам АТС, но и по их роли, иерархической подчинённости и вкладу в общий целевой результат. Задача позиционирования группы АТС на дорожном полотне (ДП) значительно усложняется в условиях дефицита визуальной информации (ДВИ) [4, 5]. Для успешного решения указанной проблемы необходима разработка распределённой мобильной информационно-управляющей системы (РМИУС) для позиционирования группы автотранспортных средств на ДП в условиях ДВИ.

Под сложноорганизованной группой АТС в настоящей работе понимаются колонны гуманитарной помощи, специальной техники МЧС, движущиеся к месту ликвидации стихийных бедствий в сложных дорожно-климатических условиях, группы бронированных автомобилей, например инкассаторских служб, высокопоставленных должностных лиц, дипломатических миссий или иных лиц и объектов, подлежащих государственной охране при их перевозке.

Кортеж (организованную колонну) АТС следует рассматривать как единый организм (сложную систему), где каждый элемент (или подсистема) оказывает влияние на другие подсистемы и зависит не только от подобных себе элементов, но и от организации транспортной системы в целом, а также от внешней среды, её условий и воздействий. Воздействия внешней среды могут существенным образом

нарушить эффективность, безопасность и организацию данной сложноорганизованной системы.

Стремление обеспечить безопасность и комфорт участников дорожного движения привело к появлению множества распределённых и бортовых информационно-управляющих систем АТС, которые предназначены для повышения активной безопасности [1–10]. Проблеме исследования и разработки методов и средств повышения активной безопасности автомобилей уделено большое внимание в современной литературе и в интернет-источниках. Среди работ по указанной тематике следует отметить разработки учёных и инженеров следующих отечественных и зарубежных организаций: АлтГТУ, УЗМ «Магнетрон», Белорусско-российский университет, ВИ ФСИН России, ВолгГТУ, НТЦ «КамАЗ», МАДИ (ГТУ), МГТУ ГА, МГТУ, МИИГАиК, НИТУ «МИСиС», НАМИ, НИИЭФА, НИЦИАМТ, ОГУ,

ПАО «Татнефть», СПБГАСУ, СПбНЦ РАН, УГТУ, НИИКП, ЦНИИмаш, ХНАДУ, «Яндекс», Anthony Best Dynamics Ltd., Cognitive Technologies, DARPA, GeneSys, imC, IPG, Kistler AG, Robert Bosch GmbH, Siemens AG, Volkswagen AG, Volvo Lastvagnar и др.

Одним из основных принципов повышения активной безопасности АТС является использование вспомогательных методов и средств компьютерной поддержки водителей. При этом система компьютерной поддержки водителя (СКПВ) не осуществляет непосредственное управление автомобилем, но осуществляет информационную поддержку субъекта транспортного процесса, управляющего АТС. Данный вид систем [2–5] незаменим в чрезвычайных и опасных условиях недостаточной видимости, вызванных, например, задымлением окружающей среды, в условиях тумана, сильных ливней, снежных и песчаных бурь. Современные СКПВ для позиционирования АТС на ДП используют различные источники визуальной и навигационной информации: инерциальные спутниковые навигационные системы, цифровые видеокамеры, оптико-локационные блоки, датчики магнитного поля, радары, лидары или сочетание перечисленных средств.

При решении задачи позиционирования группы АТС нагрузка на каналы передачи данных и на центры обработки данных (ЦОД) увеличивается пропорционально численности АТС. Следовательно, возрастают и временные задержки при получении окончательной информации, необходимой для выполнения скоординированных действий для позиционирования группы АТС. Использование централизованной архитектуры системы позиционирования группы АТС, которая также совмещает функции ЦОД, может быть не всегда оправданным. Например, в районах разбушевавшихся стихийных бедствий, задымления окружающей среды из-за лесных пожаров, на опасных участках маршрутов во время снежных или песчаных бурь нет времени и смысла развёртывать дорогостоящую инфраструктуру навигационных сенсоров централизованной системы позиционирования АТС. В чрезвычайных условиях возникновения ДВИ наилучшим образом может зарекомендовать себя распределённая мобильная децентрализованная архитектура информационно-управляющей системы для позиционирования группы АТС на основе коллективной (распределённой) обработки информации с использованием подхода единого виртуального информационного пространства (ЕВИП) и скоординированного обмена навигационными данными между участниками группы V2V.

Целью представленной работы является повышение активной безопасности сложноорганизованной группы АТС в условиях ДВИ на основе новых методов и средств компьютерной поддержки субъектов транспортного процесса. Для достижения поставленной цели определена организация и архитектура РМИУС для позиционирования группы АТС на ДП в условиях ДВИ, а также разработано алгоритмическое и аппаратно-программное обеспечение экспериментального образца (прототипа) РМИУС для позиционирования группы АТС.

Под единым виртуальным информационным пространством в работе понимается наличие у всех

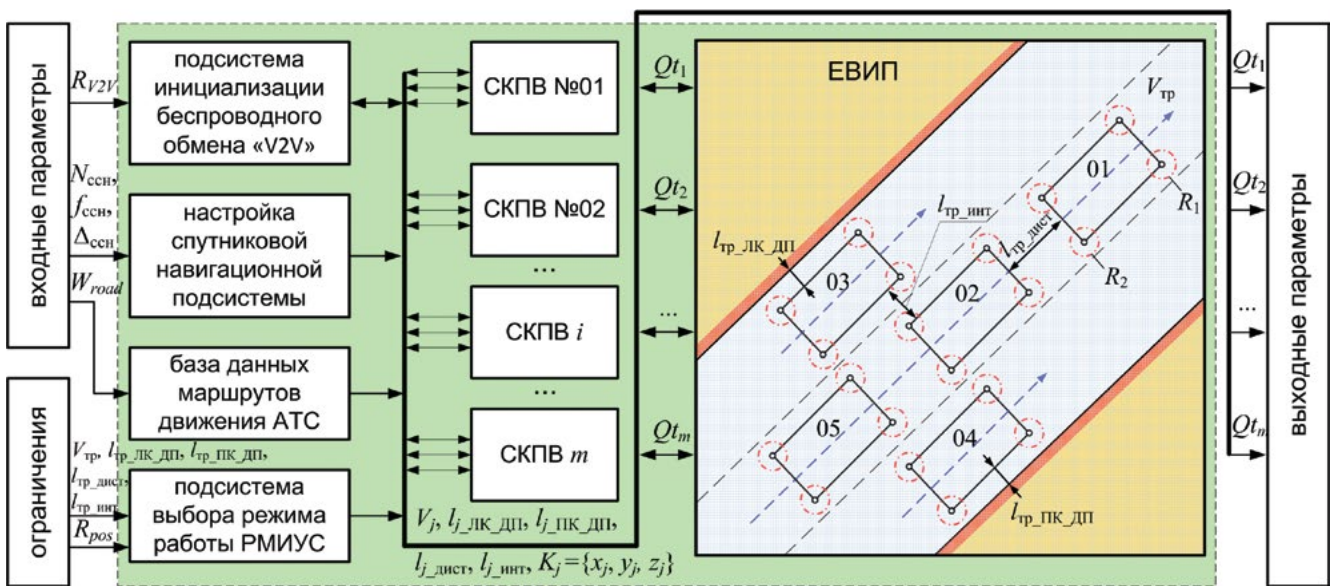


Рисунок 1. Структурная схема модели РМИУС для позиционирования группы АТС на ДП

Таблица 1. Фрагмент динамического образа  $Q_t$ , образующего ЕВИП

№ стр.	Время получения данных от ССН	Широта			Долгота			Пройденный путь, м	Накопленный путь, м	Расстояние до ПК обочины, м	Расстояние до ЛК обочины, м
		Град.	Мин.	Сек.	Град.	Мин.	Сек.				
00	20:05:22	51	53	6,0330	55	3	43,8942	2,390	2,390	0,004	6,996
	20:05:22	51	53	6,0024	55	3	43,8576	1,177	3,567	0,001	6,999
	20:05:22	51	53	5,9706	55	3	43,8204	1,213	4,780	0,004	6,996
	20:05:23	51	53	5,9082	55	3	43,7466	2,390	7,170	0,010	6,990
	20:05:23	51	53	5,8452	55	3	43,6734	2,398	9,568	0,130	6,870
01	20:05:23	51	53	5,5968	55	3	43,3650	2,418	19,259	0,005	6,995
	20:05:24	51	53	5,5338	55	3	43,2894	2,425	21,684	0,004	6,996
	20:05:24	51	53	5,5026	55	3	43,2516	1,205	22,889	0,008	6,992
	20:05:24	51	53	5,4468	55	3	43,2204	1,825	24,714	0,321	6,679
	20:05:24	51	53	5,3838	55	3	43,1442	2,432	27,146	0,741	6,259
10	20:05:25	51	53	5,2578	55	3	42,9912	2,439	32,017	0,010	6,990
	20:05:25	51	53	5,1942	55	3	42,9150	2,447	34,464	0,153	6,847
	20:05:25	51	53	5,1552	55	3	42,8514	1,712	36,176	0,148	6,852
	20:05:25	51	53	5,0922	55	3	42,7752	2,432	38,608	0,006	6,994
	20:05:26	51	53	4,9968	55	3	42,6612	1,220	42,275	0,007	6,993

участников информационного взаимодействия (сложноорганизованной группы АТС) одинаковых копий динамического образа  $Q_t$ , при изменении структуры или содержимого которого в моменты времени  $t$  модифицированный образ  $Q_t'$  становится одинаково обновлённым для всех участников информационно-тактического взаимодействия, то есть во всех созданных копиях. Примером использования подхода ЕВИП является игра «Морской бой», а также современные компьютерные игры в сетевом (командном) режиме.

На рис. 1 представлена структурная схема имитационной модели РМИУС.

Входными параметрами модели являются следующие: дискретность, погрешность, расположение и количество антенн средств спутниковой навигации (ССН), количество, габариты и тип (однозвенные, многозвенные) АТС в кортеже, векторы оцифрованных границ ДП по маршруту следования кортежа, требуемые расстояния, которые должны быть между АТС и до границ ДП.

Навигационные координаты всех участников кортежа через подсистему обмена навигационной информацией поступают на входы СКПВ № 01 — СКПВ  $m$  и наполняют ЕВИП актуальной информацией.

Выходными параметрами модели системы являются навигационные координаты всех АТС в каждый момент времени  $t$ , векторы расстояний между

ними и их расположение относительно оцифрованных границ ДП, векторы прогнозируемых положений и отклонений всех АТС от рекомендуемого коридора движения кортежа с учётом геометрических характеристик ДП, габаритных размеров АТС, дискретности и погрешности получаемых навигационных данных.

В табл. 1 представлен фрагмент динамического образа  $Q_t$ , образующего ЕВИП.

На рис. 2 представлена схема алгоритма для позиционирования группы АТС на основе подхода ЕВИП.

Алгоритм позиционирования группы АТС состоит из следующих шагов [8]:

1. Для каждого АТС задаётся количество антенн  $N_{сч}$ , дискретность получения навигационных данных  $f_{сч}$  и погрешность  $\Delta_{сч}$ . Осуществляется загрузка массива оцифрованных границ ДП требуемого маршрута движения кортежа  $W_{road}$ . В настроечных параметрах СКПВ задаются также габаритные размеры кузова и количество звеньев АТС, места установки антенн ССН.

2. Для координации участников группы сопровождения (кортежа) в СКПВ каждого АТС создаётся (инициализируется) ЕВИП. Указанное пространство представляет собой многостраничный (много-слойный) динамический массив сложной структуры, фрагмент которого представлен в табл. 1, и используемый СКПВ № 01 — СКПВ  $m$  для выборки необ-



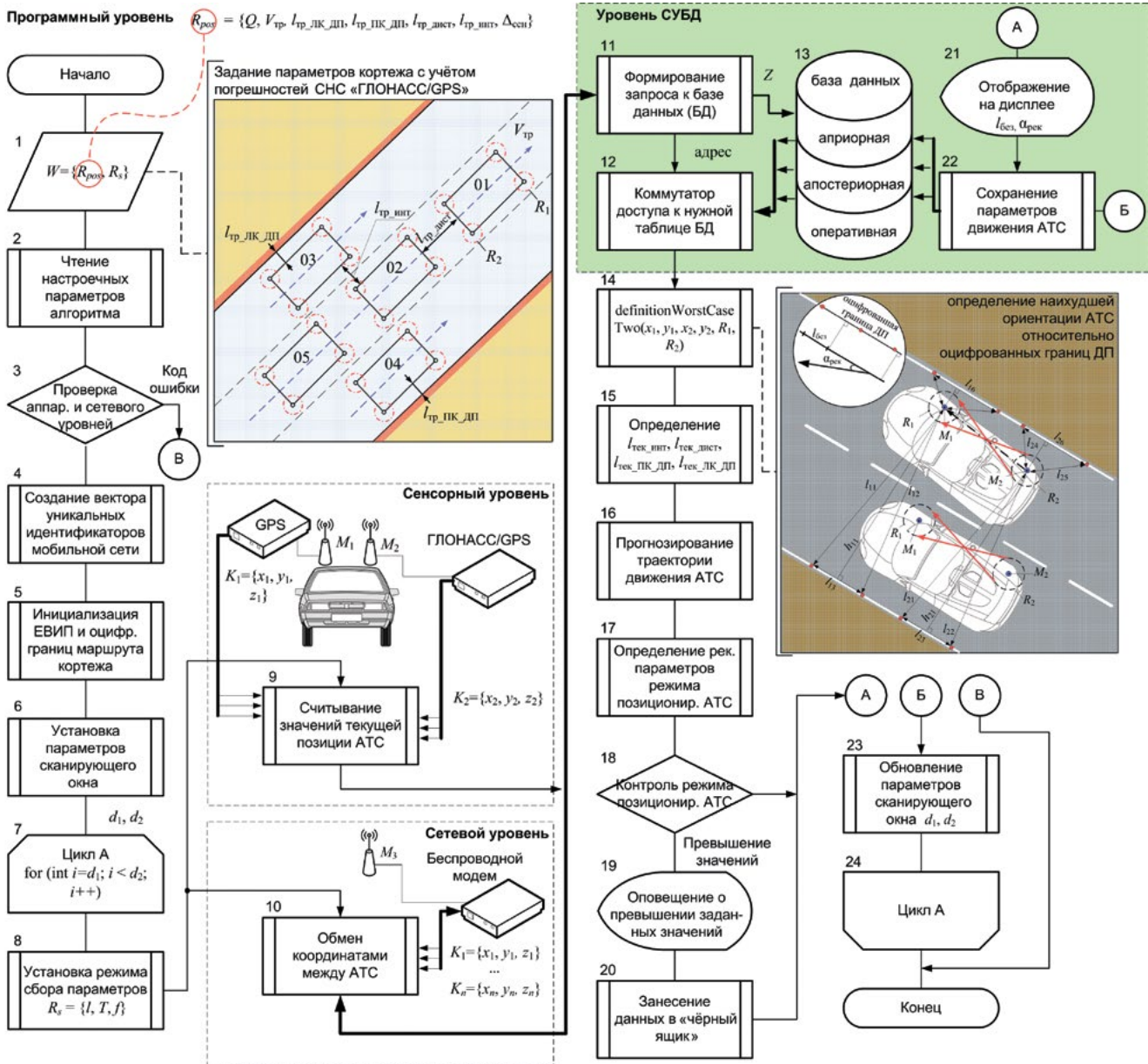


Рисунок 2. Схема алгоритма для позиционирования группы АТС на основе подхода единого виртуального информационного пространства

ходимых записей и осуществления режима позиционирования группы АТС в условиях ДВИ. Каждый автомобиль имеет свой уникальный идентификатор, например: первому АТС группы присваивается идентификатор АТС\_01, второму — АТС\_02 и так далее.

3. В ЕВИП содержатся следующие страницы и разделы в них: оцифрованные левые и правые границы ДП маршрута следования кортежа; навигационные координаты всех АТС в каждый момент времени  $t$ , векторы расстояний между ними и их расположение относительно оцифрованных границ ДП. Навигационные координаты всех участников кортежа через подсистему обмена навигационной инфор-

мацией АТС поступают на вход СКПВ и наполняют ЕВИП актуальной информацией.

4. В процессе движения АТС субъект транспортного процесса (водитель, штурман или диспетчер системы) использует показания СКПВ для определения отклонений АТС от рекомендуемого коридора движения кортежа с учётом геометрических характеристик ДП, габаритных размеров АТС, дискретности и погрешности получаемых навигационных данных. Поскольку навигационная подсистема имеет метрологические погрешности, то при вычислении координат антенн СН учитываются наихудшие варианты возможных местоположений АТС. Алгорит-

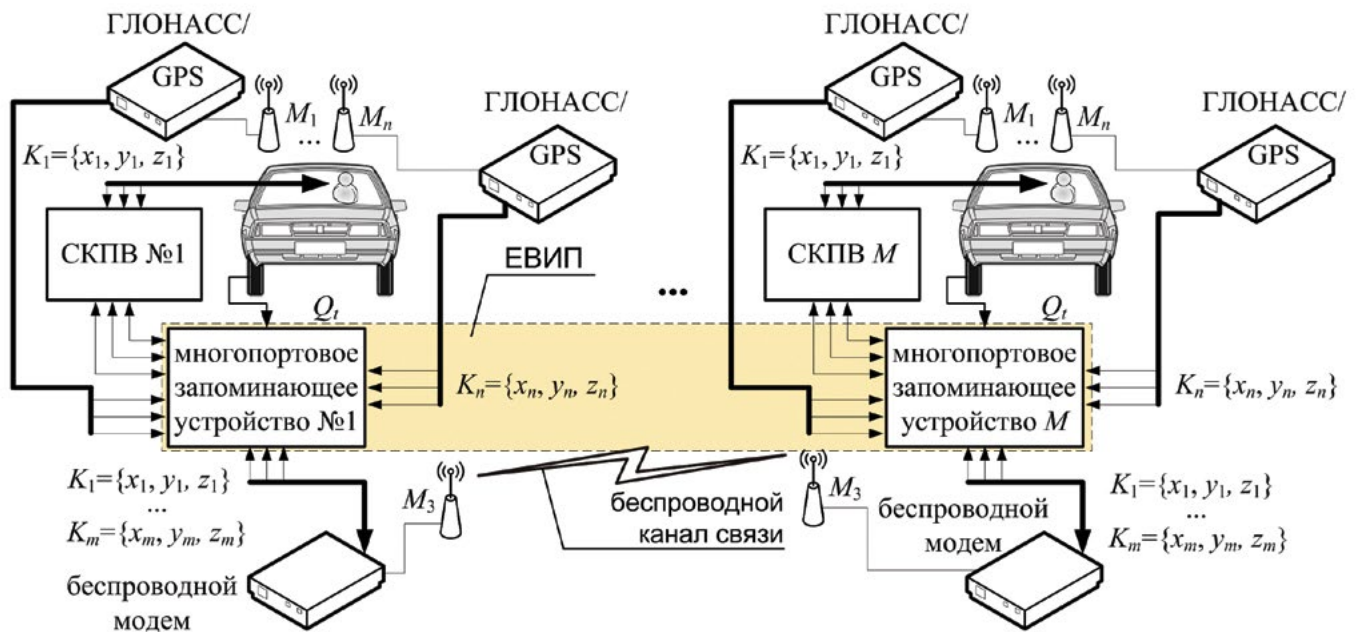


Рисунок 3. Функциональная схема аппаратно-программной платформы для координации участников кортежа на основе подхода ЕВИП

мом также осуществляется прогнозирование траектории движения АТС.

5. По командам системы субъекты транспортного процесса осуществляют позиционирование АТС на ДП: выбирают скорость движения АТС, придерживаются регламентированного расстояния между участниками кортежа и до оцифрованных границ ДП.

Для повышения быстродействия разработан алгоритм оперативного выбора навигационных данных из базы данных маршрутов движения АТС. Программно реализованный алгоритм сканирующего окна осуществляет поиск ближайших к АТС точек на ДП. АТС может начать своё движение в произвольном месте на трассе, поэтому на первом шаге сканируется вся оцифрованная трасса для определения индексов ближайших к АТС навигационных точек на ДП. В регистрах запоминаются начальные и конечные индексы навигационных точек оцифрованных границ ДП, которые обновляются по мере движения транспортных средств по протяжённому участку ДП. Величина сканирующего окна выбирается программой автоматически и зависит от скорости и направления движения группы АТС. Далее алгоритм сканирует не всё содержимое массива, а лишь некоторый картографический диапазон [8].

При выходе из строя двух из четырёх антенн ССН ГЛОНАСС/GPS на любом из звеньев АТС алгоритм в автоматическом режиме вычисляет координаты «выбывших» антенн на основе априорной информации о габаритных размерах АТС [4].

Представленный алгоритм использован при модернизации инструментальной базы [4, 5] и при разработке метода позиционирования кортежа в условиях ДВИ.

Требование высокой производительности, предъявляемое к РМИУС для позиционирования группы АТС, обусловило разработку данной системы в виде специализированной аппаратно-программной платформы, использующей принципы организации и архитектуры многопортовых запоминающих устройств (ЗУ), современных реляционных систем управления базами данных (СУБД), многомерных динамических массивов из объектно ориентированного программирования, подходов V2V и организации ЕВИП между участниками дорожного движения.

На рис. 3 представлена функциональная схема аппаратно-программной платформы для координации (позиционирования) участников кортежа на основе подхода ЕВИП.

Представленный прототип аппаратно-программной платформы может быть реализован на базе следующих элементов и средств вычислительной техники: многопортовые ЗУ на базе технологий VRAM,

WRAM, MDRAM и SGRAM, беспроводные ZigBee-модемы ETRX2-PA, СКПВ на базе мобильных компьютеров типа [4, 5, 7], ГЛОНАСС/GPS-модули типа SIM68EVB KIT.

Достоинствами представленного алгоритма являются:

- масштабируемость к увеличению количества АТС в кортеже;
- высокая производительность и уровень универсальности РМИУС на основе использования подхода ЕВИП и реализации сканирующего алгоритма оперативного выбора данных с учётом направления и скорости движения АТС;
- адаптивность к изменению метрологической погрешности и дискретности получения навигационных сигналов.

Благодаря использованию многопортовых ЗУ, принципов проектирования СУБД, организации многостраничных ( $n$ -мерных) динамических массивов, беспроводных ZigBee-модемов для реализации обмена данными между АТС (V2V) организовано единое виртуальное информационное пространство для участников сложноорганизованной группы. В процессе функционирования РМИУС внутри многопортовых ЗУ содержатся одинаковые копии динамического массива (образа)  $Q$ , при изменении структуры или содержимого которого в моменты времени  $t$  модифицированный образ  $Q_t$  становится одинаково обновлённым для всех участников сложноорганизованной группы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Способ точного позиционирования и мониторинга мобильных объектов: патент 2365932 / В. А. Заренков, Д. В. Заренков, В. И. Дикарев и др. — № 2008101935/09; заявитель и патентообладатель — В. А. Заренков, Д. В. Заренков, В. И. Дикарев и др.; заявл. 09.01.2008; опубл. 27.08.2009, Бюл. № 24. — 14 с.
2. Речицкий В. И. Устройство для определения положения транспортного средства относительно полосы движения: патент 120767. — № 2012119246/28; заявитель и патентообладатель — В. И. Речицкий; заявл. 12.05.2012; опубл. 27.09.2012, Бюл. № 27. — 2 с.
3. Разработка устройства глобального позиционирования для воспроизведения траектории движения гоночного автомобиля / А. Н. Туренко, А. В. Ужва, И. В. Лукашов и др. // Автомобильный транспорт (Харьков). — 2013. — № 32. — С. 7–11.
4. Хасанов Р. И. Метод позиционирования многозвенных колёсных транспортных средств на дорожном полотне в условиях недостаточной видимости // Журнал автомобильных инженеров. — 2016. — № 2 (97). — С. 32–35.
5. Хасанов Р. И. Позиционирование автомобиля с учётом дислокации повреждений на поверхности дорожного полотна // Журнал автомобильных инженеров. — 2016. — № 5 (100). — С. 14–18.
6. Шелаев Д. В. Исследование точности определения траектории движения по результатам ГНСС + ИНС измерений при отсутствии ГНСС-сигналов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. — 2012. — № 4. — С. 15–20.
7. Способ обеспечения активной безопасности транспортных средств при движении в колонне: патент 2388057 / А. С. Гурин, В. О. Волков, А. В. Макаров и др. — № 2007138126/11; заявитель и патентообладатель — А. С. Гурин; заявл. 15.10.2007; опубл. 27.04.2010, Бюл. № 12. — 11 с.
8. Хасанов Р. И. Перспективная система активной безопасности для автомобилей представительского класса / Р. И. Хасанов, А. И. Сарайкин // Журнал автомобильных инженеров. — 2016. — № 1 (96). — С. 27–33.
9. Шаповалов И. О. Применение групп мобильных роботов в сложных транспортных задачах // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2012. — № 2 (127). — С. 141–146.
10. Шаповалов И. О. Распределённая система управления движением группы крупногабаритных объектов // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2013. — № 2 (139). — С. 41–46.