

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

**О.Я. Никонов, профессор, д.т.н., Т.О. Полосухина, аспирант, ХНАДУ**

*Аннотация.* Проведен обзор современных бортовых информационно-управляющих систем (БИУС) беспилотного автомобиля, рассмотрена структурная схема БИУС и способы её реализации при помощи интеллектуальных систем.

*Ключевые слова:* беспилотный автомобиль, бортовая информационно-управляющая система, нейронные сети, интеллектуальные системы, искусственный интеллект

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ БОРТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ БЕЗПІЛОТНОГО АВТОМОБІЛЯ

**О.Я. Ніконов, професор, д.т.н., Т.О. Полосухіна, аспірант, ХНАДУ**

*Анотація.* Проведено огляд сучасних бортових інформаційно-керуючих систем (БІКС) безпілотного автомобіля, розглянута структурна схема БІКС і способи її реалізації за допомогою інтелектуальних систем.

*Ключові слова:* безпілотний автомобіль, бортова інформаційно-керуюча система, нейронні мережі, інтелектуальні системи, штучний інтелект.

## ANALYSIS OF MODERN BOARD INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS OF UNMANNED VEHICLE

**O.J. Nikonov, professor, dr. eng. sc.,  
T.O. Polosukhina, post graduate student, KhNAHU**

*Abstract.* A review of modern board information and control systems of unmanned vehicle, schematic diagram of board information and control system and ways its implementation using intelligent systems is considered.

*Keywords:* unmanned vehicle, on board information and control system, neural networks, intelligent systems, artificial intelligence.

### Введение

Тенденция развития беспилотных автомобилей (в дальнейшем автомобилей), опыт разработки новой техники зарубежными фирмами показывают, что одной из ведущих ролей в обеспечении конкурентных преимуществ является автоматизация и интеллектуализация основных функций управления как процессами в агрегатах и узлах, так и процессом движения автомобиля в целом [1].

Применение новых информационно-управляющих и оптимизационных процедур приводит к тому, что объемы информации, перерабатываемой на борту автомобилей, постоянно растут, алгоритмы функционирования бортовых систем значительно усложняются. Возникает потребность в системной интеграции бортовых информационных, контролирующих, диагностических и управляющих локальных комплексов и подсистем автомобилей. Возникает потребность в орга-

низации полноценной бортовой информационно-управляющей системы (БИУС) [1]. БИУС – компьютерная система контроля и управления агрегатами и системами, обеспечивающая принятие решений в реальном режиме времени на борту автомобиля. Основными целями функционирования БИУС являются обеспечение максимальной безопасности движения, обеспечение наиболее эффективных режимов эксплуатации агрегатов и систем автомобиля, принятие решений и создание комфортных условий поездки человека [1,2].

### **Анализ публикаций**

На сегодняшний день для создания беспилотных автомобилей актуальным является разработка и создание БИУС. В литературе рассматриваются различные виды информационно-управляющих систем (ИУС), их достоинства и недостатки [1,3]. В современных ИУС используются различные способы управления входными сигналами, обработкой информации и выходными сигналами. Одной из прорывных технологий, используемой в современных ИУС являются нейроконтроллеры (НК), построенные на основе нейросетей (НС) [4,5], где аппаратно каждый нейрон является отдельным мехатронным модулем (ММ) [1-4]. ИУС, построенные на основе НК способны к самообучению. Это так называемые интеллектуальные системы (ИС), использующие искусственный интеллект на базе НС.

### **Цель и постановка задачи**

Целью статьи является анализ информационно-управляющих систем, использующихся в беспилотных автомобилях, их структуры и создания интеллектуальных систем со способностью к самообучению и самоорганизации.

### **Направление развития современных бортовых информационно-управляющих систем**

По своей структуре БИУС должна состоять из следующих элементов:

- комплекта датчиков, вырабатывающих информацию об объектах наблюдения;
- преобразователей, принимающих сигналы от датчиков и преобразующих их в вид, удобный для дальнейшей обработки;

– микропроцессоров/контроллеров/анализаторов, проводящих оценку полученных данных контроля по заданной программе и выдающих конечные результаты в виде электронных сигналов;

– устройства выдачи/отображения информации, фиксирующих и передающих результаты анализа в кабину водителя и локальные исполнительные системы автомобиля [3].

Для оценки состояния и поведения автомобиля используется информация, получаемая с датчиков дискретного, аналогового и импульсного типов, имеющих различные диапазоны измерения [1]. Многие из этих датчиков имеют нелинейную характеристику. В качестве импульсных датчиков рассматриваются лидары и радары. В качестве информационно-управляющей системы используется бортовой компьютер (вычислитель) (рис.1), выполняющий сбор и обработку информации с датчиков, а также формирующий информационные сообщения и управляющие воздействия на исполнительные механизмы [3]. Для подключения датчиков к вычислителю необходимо выполнить обработку сигналов. К обработке сигналов относятся нормирование сигнала (усиление), т.е. приведение его к определенному значению, фильтрация, линеаризация, аналого-цифровое преобразование и другие виды обработки [1]. Приведенная система обладает существенным недостатком. Вычислитель оказывается слишком перегруженным, т.к. очень много времени затрачивается на формирование информационных сообщений, что может привести к потере информации с датчиков в критических ситуациях. Поэтому предлагается разделить функции сбора и обработки информации с датчиков и формирования информационных сообщений [3]. Предлагается использовать систему, в которой каждый датчик выполняется в виде законченного мехатронного модуля (ММ), содержащего непосредственно первичный преобразователь (датчик), устройство преобразования сигнала и вычислитель [1]. Для управления исполнительными устройствами также создается модуль, в состав которого входит вычислитель, усилитель-преобразователь и исполнительный механизм [1].

Современные автомобили требуют функционирования целого комплекса систем управления, обеспечивающих эффективность эксплуатации, безопасность движения и т.д.

[1,2]. Использование большого числа датчиков и исполнительных механизмов, распределённых по автомобилю, в совокупности с бортовыми микропроцессорами и контроллерами, объединённых в многоуровневую систему управления, способно дать решение многих проблем оптимизации и адаптации

режимов функционирования важнейших агрегатов автомобиля и самого автомобиля в целом. Для связи модулей преобразователей с главным бортовым компьютером каждый модуль должен иметь последовательный интерфейс связи, например RS-485, USB или CAN [1].

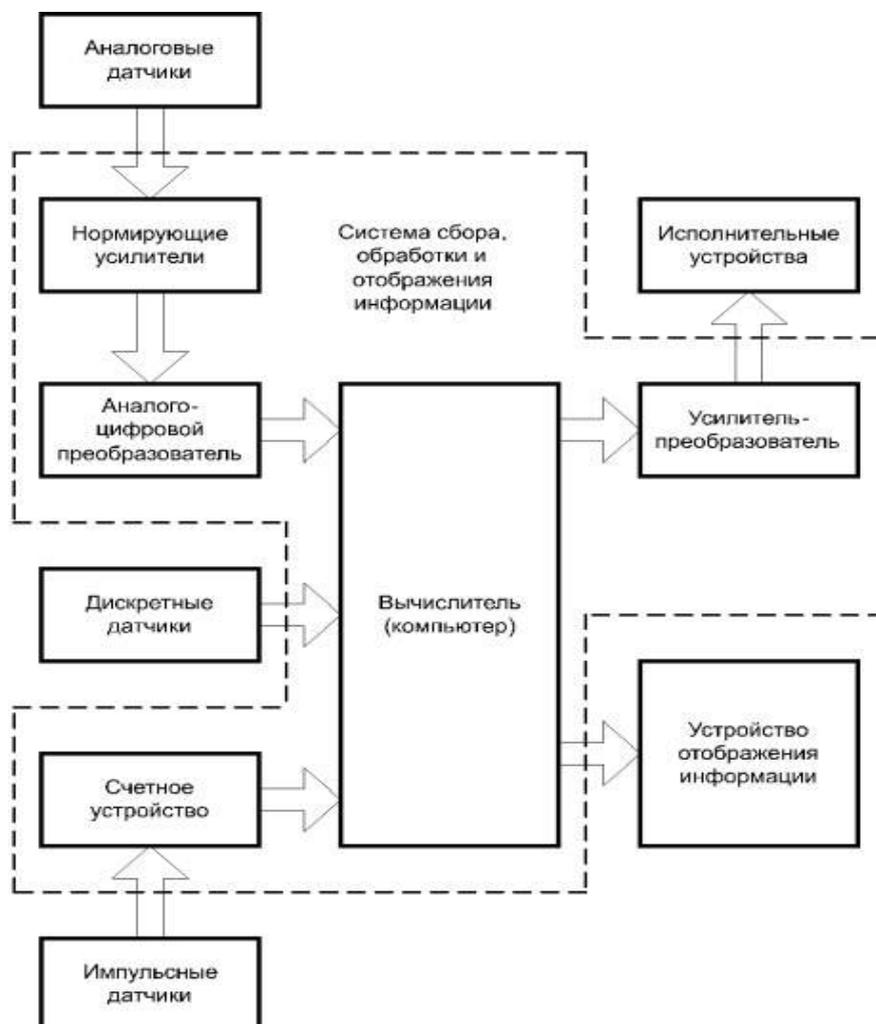


Рис. 1. Информационно-управляющая система

CAN-интерфейс постепенно становится стандартом для распределенных систем управления на транспорте, в автомобильной технике и робототехнике. Можно также использовать интерфейс SERCOS, разработанный для цифровых следящих приводов и представляющий собой локальную кольцевую оптоволоконную сеть [1]. Обобщённая структурная схема бортовой информационно-управляющей системы, реализующей многоуровневое управление, приведена на рис.2. Распределение функций управлений по уровням (сценарный, ситуационный, локальный) возможно осуществить программно. В интеллектуальных системах (ИС) ис-

пользуется большой объём входной информации [4]. В качестве входных значений могут быть значения показателей датчиков окружающей среды: температура, давление, скорость ветра, изменяющийся ландшафт переддвигающимся автомобилем и т.д. При этом значения с вышеописанных датчиков постоянно меняются. Основная проблема таких систем – обеспечение обработки постоянно меняющихся данных и способность устойчиво вырабатывать управление, которое удовлетворяет мотивации системы [4]. То есть необходимо вырабатывать управление с помощью БИУС, учитывая постоянное изменение входных данных.



Рис. 2. Обобщенная структурная схема БИУС.

Активно оценивая лавинообразный поток информации от датчиков, представляющий тематическую информацию об окружающей среде, а также на основе знаний, выполненных на базе ассоциативной памяти (АП) (Рис.3), которая, в свою очередь, представляет собой нейронную сеть (НС) [4,5] и мотивации, БИУС принимает решение к действию. Изменчивость окружающей среды и собственного состояния системы может приводить к потребности в чём-либо (мотивации), а при наличии знания может синтезироваться цель (блок СЦ). Под целью понимается идеальное, мысленное предвосхищение результата деятельности. Продолжая активно оценивать информацию об окружающей среде и собственном состоянии системы, в том числе объекта управления, при сопоставлении вариантов достижения цели можно принять решение к действию. Блок вывода новых знаний тоже реализуется с помощью НС [4]. Параллельно с остальной работой системы данный блок анализирует знания системы (АП) посредством блока ЦИС (центральная интеллектуальная система) и, если возможно - выводит новые знания на основании имеющихся, тем самым пополняя общие знания системы. Динамическая экспертная система (ДЭС) на основании текущих сведений об окружающей среде в собственном состоянии ИС при наличии цели и знаний осуществляет экспертную оценку, принимает решение об управлении, прогнозирует результаты действия и вырабатывает управление [4]. В процессе экспертной оценки ДЭС не отходит от основных директив управления (ди-

ректива самосохранения, директива сохранения объекта и т.д. в приоритетном порядке). Другим важным моментом является тот факт, что решение может прийти к ДЭС и не от ЦИС, а от блока рефлективной системы. Данный блок также представляет собой локальную НС, которая работает по принципу рефлекса живого существа – если условия окружающей среды знакомы системе (есть знания, как вести себя в данных условиях) – можно принять уже знакомые действия [4,5]. Следовательно, данные поступают сразу в ДЭС, минуя ЦИС (который, тем временем, может заниматься сменой мотивации при наличии новых знаний, предоставленных соответствующим блоком). Представленное в кодированном виде управление преобразуется в физический сигнал и поступает на исполнительные устройства. Объект управления, получая сигнал от исполнительных устройств, осуществляет то или иное действие, результаты которого, представленные в виде параметров, по цепи обратной связи поступают в ДЭС, где сравниваются с прогнозированными. Одновременно параметры результата действия, интерпретированные в соответствии со свойствами цели и поступающие в блок ЦИС, могут быть использованы для эмоциональной оценки достигнутого результата: например, цель достигнута, но результат не нравится. Если цель достигается по всем параметрам, то управление подкрепляется и знания обновляются. В противном случае происходит коррекция управления. Когда же цель недостижима, то

корректируется цель [4]. Для реализации ИС, как интеллекта реального мира необходимо использовать стохастические (вероятностные и статистические), параллельные/динамические методы вычисления, для того, чтобы справиться с широкомасштабной, но частичной, неточной и неполной информацией в реальном мире [4]. Обычные методы обработки информации основаны на логике компьютера, т.е. последовательной процедурной обработке (линейный метод), посредством чего входная информация переводится в выходную информацию как алгоритм. Это прямой метод, с жесткой структурой, и является очень эффективным при решении хорошо определенных задач; однако у

этого метода наблюдается недостаток гибкости и частые сбои при столкновении с ситуациями реального мира [4]. Многослойные же нейронные сети [5], или анализ многосвязных данных, основанный на контуре обратной связи, служат для оптимизации с оценкой, включая степени свободы как параметры в обработке. Метод также изучает адаптивно оптимальную обработку с образцов. Это является, в некотором смысле, методом прямой адаптации. С другой стороны, модель настройки или теорию регуляризации можно считать методами обратной адаптации. Это предполагает параметризованную модель как идеальный выход [4].

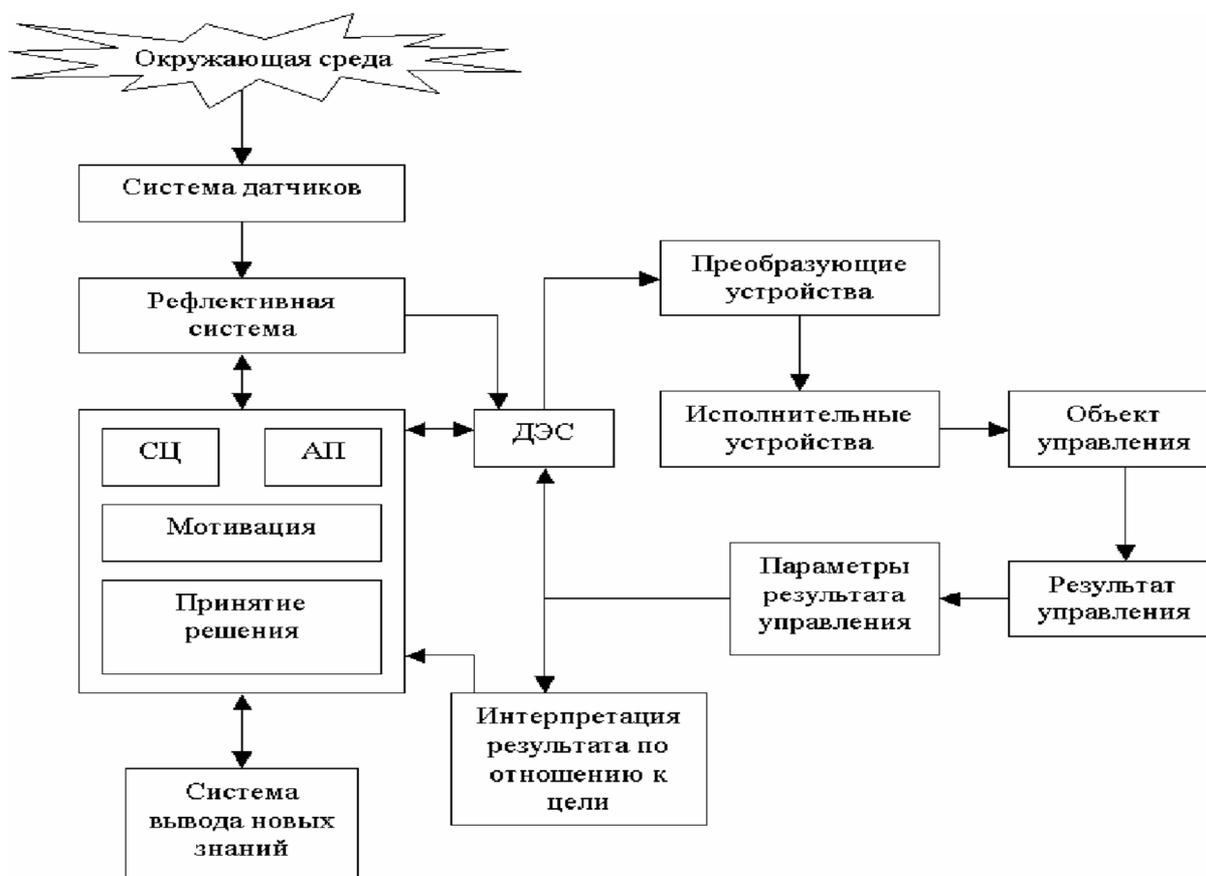


Рис. 3. Схема интеллектуальной системы.

Координируя два аспекта (логический и интуитивный) и интегрируя их, можно сформулировать основные функции систем RWC (Real-World Computing – вычислительные системы реального мира) [4]:

1. Функция интеграции разнообразной, сложной, с запутанными связями информации, содержащей неопределенности, и получения подходящего (приближенного) решения в разумное время.

2. Функция активного овладения необходимой информацией и знаниями и приобретения знаний индуктивно, исходя из примеров.

3. Функция адаптации самой системы к пользователям и меняющейся обстановке.

Человеческий мозг способен гибко обрабатывать информацию, потому, что наш мозг соединяет распределенное представление информации, высокопараллельную обработ-

ку, способность к обучению и самоорганизации, а также способность интегрировать информацию. Таким образом, в реализации вышеуказанных характеристик систем RWC можно выделить два главных аспекта [4]:

- функциональный аспект RWC, для которого характерны допустимость и интеграция неопределенной и сомнительной информации, и способность к адаптации и обучению;
- вычислительный аспект RWC, для которого характерна высокопараллельная и распределенная обработка многомодульной, многомерной, с большим количеством связей информации.

Основные функции интеллекта реального мира:

- интеграция информации;
- обучение/самоорганизация.

Интеграция информации предполагает обработку различного рода информации в реальном мире, которая содержит неопределенность и неточность, такую, как изображения и звуки в интегрированном и параллельном виде, с тем, чтобы такую информацию можно было использовать в распознавании, понимании, полном рассуждении и принятии решения о поведении. Обучение/самоорганизация предполагает адаптацию системы, или развитие автономно, собирая информацию посредством взаимодействия с реальным миром [4]. Интеграция информации и обучение/самоорганизация должны быть интегрированы с функциями распознавания и логического вывода. Их интеграция в теоретическую структуру требует стохастических и статистических методов для решения вопросов неточности информации в реальном мире.

На рис.4 показана схема потоков информации в интеллектуальной системе. Автономная обучающаяся система представляет собой физического агента, который движется автономно в реальном окружении, собирает и изучает информацию, относящуюся к этому окружению (включая людей), воспринимающий мир и взаимодействуя с ним, и может быть сконструирован в систему, которая предлагает сервис в зависимости от необходимости [4]. Область теоретических и алгоритмических основ относится к

теоретическим основам интеграции информации, обучению и самоорганизации, и методов оптимизации, поддерживающих системы интеллекта реального мира (ИРМ). Теоретические основы технологического прогресса являются важнейшими в осуществлении настоящего прорыва и препятствуют становлению конечного результата этих технологий простым набором эвристики. Системам реального мира необходимо адаптивно работать в реальном времени. Часто это труднодостижимо посредством применения ПО; необходима также и поддержка оборудования. Это не значит, что нужны суперкомпьютеры, могут понадобиться определенные специализированные устройства (чипы) [3], которые способны реализовать адаптивную обработку в реальном времени. Поддержка со стороны ПО также очень важна. Т.е. необходимо снабдить и поддерживать различные базы данных, сравнительные оценки и библиотеки ПО, для того, чтобы ускорить и оценить технологии интеллекта реального мира. Эта область называется интеллектуальными ресурсами. Например, базы данных реального мира, такие как изображения, речь и тексты, являются важными для проектирования и оценки интеллектуальных систем реального мира и разрабатываемых методов. Также важным является трансляция полученных методов и программ в программные библиотеки. Другой вариант основы интеллектуальной системы – нейрокомпьютер (НК). НК – ЭВМ (аналоговая или цифровая), основной операционный блок (центральный процессор) которой построен на основе нейронной сети и реализует нейросетевые алгоритмы [4,5]. Нейронная сеть (НС) – динамическая система, состоящая из совокупности связанных между собой по типу узлов направленного графа элементарных процессоров, называемых формальными нейронами, и способная генерировать выходную информацию в ответ на входное воздействие [5]. Все задачи, которые решают с помощью средств вычислительной техники, с точки зрения формализма разработки алгоритма решения удобно разделить на три класса: формализуемые, трудноформализуемые, неформализуемые [4]. До недавнего времени НК использовались в основном для решения неформализуемых задач.



Рис. 4. Схема потоков информации в ИС

Однако развитие теории и элементной базы последних лет позволило разработать методы проектирования НК для решения и формализуемых, и трудноформализуемых задач. Таким образом, сегодня НК приобретает черты универсальной вычислительной машины. НС является основной операционной частью НК [5], реализующей алгоритм решения задачи, ее выбор является определяющим фактором получения необходимых характеристик ИС в целом [4].

### Выводы

Таким образом, для создания полноценной бортовой информационно-управляющей системы необходимо использовать многослойные нейронные сети, созданные с возможностью самообучения.

### Литература

1. Асанов А.З. Современная архитектура бортовых информационно-управляющих систем высокоавтомобильных транспортных комплексов. [Электронный ресурс] / А.З. Асанов, Д.Х. Валеев, А.С. Савинков // Проблемы управления и моделирования в сложных системах : тр. XV Междунар. конф. г. Самара: СамНЦ РАН. 2013. – Режим доступа: [http://www.ssc.smr.ru/media/ipuss\\_conf/15/7\\_04.pdf](http://www.ssc.smr.ru/media/ipuss_conf/15/7_04.pdf). – Загл. с экрана.
2. Асанов А.З. Интеграция и интеллектуализация бортовых систем управления

большегрузными автомобилями. [Электронный ресурс] / А.З. Асанов, Д.Х. Валеев, А.С. Савинков // Проблемы управления и моделирования в сложных системах : тр. XV Междунар. конф. г. Самара / СамНЦ РАН. – 2012. – С. 524-531. – Режим доступа: [http://www.ssc.smr.ru/media/ipuss\\_conf/14/6\\_13.pdf](http://www.ssc.smr.ru/media/ipuss_conf/14/6_13.pdf). – Загл. с экрана.

3. Мишулин Ю.Е. Аппаратная реализация бортовой информационной системы транспортного средства. [Электронный ресурс] / Ю.Е. Мишулин, Е.Ю. Мишулин, В.А. Шахнин // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3. – С. 113-119. – Режим доступа: [http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=7981912](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=7981912). – Загл. с экрана.
4. Пупков К.А. Современные методы, модели и алгоритмы интеллектуальных систем. [Текст] / К.А. Пупков. – М.: РУДН, 2008. – 154с.
5. Омату С. Нейроуправление и его приложения. [Текст] / С. Омату, М. Халид, Р. Юсоф. – М.: ИПРЖР, 2000. – 272 с.

Рецензент: О.П. Алексієв, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья надійшла до редакції 27 травня 2015 р.