

УДК 004.8:629.33:574

НЕЙРОБИОНИКА АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**О.Я. Никонов, доцент, д.т.н., О.А. Подоляка, доцент, к.т.н.,
В.Ю. Улько, аспирант, ХНАДУ**

Аннотация. Рассмотрена проблема создания автомобиля на основе принципов организации, свойств, функций и структур живой природы.

Ключевые слова: автомобиль, бионика, информационные технологии, нейронные сети, эволюционное моделирование, системы управления.

НЕЙРОБІОНІКА АВТОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ЕВОЛЮЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

**О.Я. Ніконов, доцент, д.т.н., О.О. Подоляка, доцент, к.т.н.,
В.Ю. Улько, аспірант, ХНАДУ**

Анотація. Розглянуто проблему створення автомобіля на основі принципів організації, властивостей, функцій і структур живої природи.

Ключові слова: автомобіль, біоніка, інформаційні технології, нейронні мережі, еволюційне моделювання, системи керування.

AUTOMOBILE NEUROBIONICS ON THE BASIS OF SIMULATED EVOLUTION METHODS

O. Nikonov, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, O. Podolyaka, Associate Professor, Doctor of Philosophy, V. Ulko, postgraduate, KhNAHU

Abstract. The problem of invention of automobiles on the basis of organization principles, properties, functions and structures of wildlife is considered.

Key words: automobile, bionics, information technologies, neural networks, simulated evolution, control systems.

Введение

Главное отличие современных инженерных конструкций от тех, что создала природа, состоит в энергоэффективности. Совершенствуясь и эволюционируя в течение миллионов лет, живые организмы научились жить, передвигаться и размножаться с использованием минимального количества энергии. Этот феномен основан на уникальном метаболизме животных и на эффективном обмене энергией между разными формами жизни. Природные материалы относительно недороги и распространены в достаточном количе-

стве, а их «качество» значительно лучше произведенных человеком. Таким образом, заимствуя у природы инженерные решения, можно существенно повысить энергоэффективность современных технологий. В автомобилестроении уже используются такие решения, как парковочный радар, системы управления конструкцией отдельных узлов и т.д. Перспективные биоинтеллектуальные системы автомобиля смогут самостоятельно совершенствовать собственный дизайн и менять свою форму самыми разнообразными способами, например, добавляя недостающий материал в определенные части конст-

рукции, изменяя химический состав отдельных узлов и т.д.

Анализ публикаций

В последнее десятилетие бионика получила значительный импульс к новому развитию. Это связано с тем, что современные технологии переходят на гига- и наноуровень и позволяют копировать миниатюрные природные конструкции с повышенной точностью. Современная бионика в основном связана с разработкой новых материалов, копирующих природные аналоги, робототехникой и искусственными органами. Повышенный интерес к бионике и у автомобилестроителей [1–6]. Например, компания DaimlerChrysler в 2005 г. продемонстрировала концепт-кар, раскрывающий возможности применения бионики в автомобильной промышленности – Mercedes-Benz Bionic почти идеален с точки зрения аэродинамики и очень экономичен (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид Mercedes-Benz Bionic

Инженерам удалось найти почти идеальный эквивалент аэродинамического, безопасного, комфортабельного и экономичного автомобиля, способный выступить прообразом такого автомобиля не только в деталях, но и как структурное целое [4–6]. Форма кузовных панелей была создана на основе природных принципов «костеобразования». Подобный подход позволил добиться увеличения жесткости панелей на 40 %, одновременно снизив их вес почти на 20 %. Коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля всего 0,19. В движение Mercedes bionic приводится дизельным мотором мощностью 103 кВт, который в среднем потребляет всего 4,3 литра топлива на сто километров пути, а при движении со скоростью 90 км/ч – всего 2,8 литра топлива. Для снижения токсичности выхлопных газов автомобиль оснащен уникальной системой Selective Catalytic Reduction, в состав которой

входит жидкость «AdBlu». Эта жидкость впрыскивается в выпускную систему и помогает расщеплять ряд вредных веществ на воду и кислород. В результате силовая установка Mercedes bionic оказывается на 80 % «чище» аналогичной серийной. Стоит отметить, что компания Mercedes-Benz намеревается использовать подобную систему на серийных автомобилях уже в обозримом будущем. Поистине революционный концепт автомобиля в ноябре 2010 г. представили дизайнеры студии Mercedes-Benz Advanced Design Studio. В подражание природе спроектирован автомобиль, который, начиная с момента «рождения» и до конца своей «жизни», полностью интегрирован в экосистему. Бионический (природный) концепт-кар Mercedes-Benz Biome выполнен из сверхлёгкого материала под названием BioFibre («биоволокно») и весит всего лишь около 394 кг (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид Mercedes-Benz Biome

Этот материал гораздо легче металла и пластика, но при этом прочнее стали. BioFibre – это растение с запатентованной ДНК, набирая солнечную энергию, запасает её в жидком химическом соединении под названием BioNectar4534. В конце жизни Biome можно переработать или использовать волокно в качестве стройматериала [4–6]. Вызывает сомнение в проработанности таких технологий, но намерения ведущих автомобилестроителей двигаться к созданию «настоящего» концептуального бионического автомобиля сомнений не вызывает.

Важным направлением в бионике является нейробионика, занимающаяся непосредственно изучением и моделированием деятельности нервной системы человека и животных для использования при создании новых технических (кибернетических) систем и роботов [7].

Аналогично искусственным нейронным сетям (ИНС), методы эволюционного моделирования возникли в результате наблюдения и попыток копирования естественных процессов, происходящих в мире живых организмов, в частности, эволюции и связанной с ней селекцией (естественного отбора) популяций живых существ. Эти методы являются высокоэффективным инструментом при разработке программного обеспечения, в системах искусственного интеллекта, оптимизации, ИНС и т.д. [8–10].

Цель и постановка задачи

Целью работы является создание структуры (концепции) интеллектуального автомобиля на основе нейробионики и методов эволюционного моделирования, что позволит качественно повысить энергоэффективность автомобиля и снизить вредные воздействия на экосистему.

Разработка структуры биоинтеллектуального автомобиля

На рис. 3 приведен пример структуры биоинтеллектуального автомобиля с информационно-управляющей системой на основе многослойной ИНС.

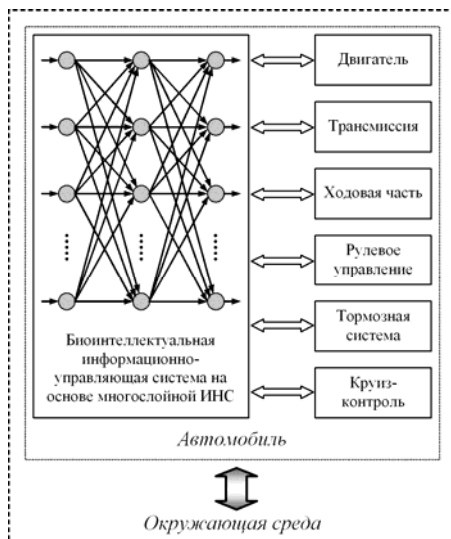


Рис. 3. Пример структурной схемы биоинтеллектуального автомобиля с информационно-управляющей системой на основе многослойной ИНС

В основе управления такой системой целесообразно использовать концепцию синтеза синергетических оптимальных законов регу-

лирования на основе макроинформации о поведении системы – агрегированных макропеременных. Агрегированные макропеременные конструируются на основе измеряемых векторов состояния динамической системы, и с их помощью задают желаемые диссипативные структуры в расширенном фазовом пространстве системы управления. Множество таких многообразий определяет «виртуальные» – промежуточные и конечную структуры динамических систем управления в процессе их эволюции.

Ключевой идеей синтеза синергетических оптимальных законов управления является преднамеренное введение в пространстве состояний синтезируемых систем желаемых многообразий, на которых естественные свойства объекта согласуются с требованиями задачи управления и способствуют выполнению требования минимального вмешательства в естественное течение процессов в системе, что эквивалентно требованию «минимального» управления для достижения цели. Основную идею этого подхода к синтезу систем управления можно определить как формирование и возбуждение внутренних сил взаимодействия, порождающих в фазовом пространстве системы устойчивые диссипативные структуры, отвечающие заданным целям управления.

Как и их биологические прообразы, ИНС могут обучаться, то есть улучшать свою работу под воздействием окружающей среды, изменяющие ее параметры [10-13]. В общем можно выделить два основных вида обучения: контролируемое обучение (supervised learning) и самообучение (selforganized learning). Первый вид подразумевает наличие «учителя», который наблюдает реакцию сети и направляет изменения ее параметров. Во втором случае сеть самоорганизуется под действием внешней среды и изучает ее самостоятельно, без помощи «учителя». Самообучение свойственно задачам распознавания образов и классификации. При решении задач управления обычно используется контролируемое обучение ИНС.

Существует две основные разновидности контролируемого обучения: прямое контролируемое обучение и стимулированное обучение (reinforcement learning).

Рассмотрим более подробно процесс стимулированного обучения. В этом случае обучение проводится по результату оценки проводимого сетью преобразования вход-выход. Оценку выполняет внешнее окружение после подачи на вход сети «тренировочного» воздействия (рис. 4). При этом настройка параметров ИНС проводится так, чтобы максимизировать скалярный индекс этой оценки, называемый стимулом (reinforcement signal).

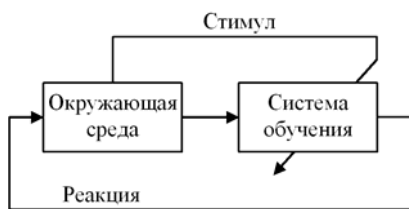


Рис. 4. Схема стимулируемого обучения

Идея такого способа опирается на реальный процесс обучения, проходящий у живых существ. В психологии он известен как закон действия Торндайка. Применительно к стимулируемому обучению ИНС этот закон может быть перефразирован следующим образом [10]: если действие, предпринятое системой обучения, приводит к удовлетворительному результату, то тенденция системы проводить это же действие увеличивается (система стимулируется). В противном случае тенденция производить такое действие уменьшается.

Наиболее характерным примером системы стимулируемого обучения является адаптивная система управления. В ней обучаемой частью является контроллер, а объект управления, внешние воздействия и сигналы задания выступают его окружающей средой. В результате воздействия из этой среды контроллер вырабатывает определенный управляющий сигнал, который переводит объект управления в новое состояние. При этом качество управления можно оценить лишь по выходному сигналу объекта. Так как требуемая реакция контроллера, обеспечивающая заданное состояние объекта, заранее неизвестна, то нельзя сформировать тренировочный набор шаблонов и, следовательно, применить прямое контролируемое обучение. В этом случае возможно лишь стимулированное обучение контроллера по качеству работы всей системы управления в целом, то есть по оценке состояния окружающей среды.

В последние десятилетия разработано множество способов контролируемого обучения ИНС с помощью методов глобальной оптимизации, в частности генетических алгоритмов. Полученные результаты доказывают эффективность такого симбиоза. Совместное использование ИНС и генетических алгоритмов имеет и идеологическое преимущество потому, что они относятся к методам эволюционного моделирования и развиваются в рамках одной парадигмы – бионики (нейро-бионики).

Необходимо отметить, еще один важный аспект симбиоза ИНС и методов эволюционного моделирования – это выбор архитектуры ИНС. Известно, что архитектура ИНС оказывает решающее влияние на весь процесс обработки информации [10, 12, 13]. К сожалению, чаще всего она подбирается экспертами методом проб и ошибок. В таких условиях способ оптимального (субоптимального) проектирования архитектуры ИНС для конкретной задачи оказался бы очень полезным. Один из возможных подходов заключается в эволюционном формировании архитектуры с применением генетического алгоритма.



Рис. 5. Взаимосвязи между искусственными нейронными сетями, методами эволюционного моделирования и нечеткими системами

Для повышения эффективности работы системы ИНС ↔ методы эволюционного моделирования в большинстве случаев целесообразно использовать нечеткие системы. На рис. 5 видно, что задачи ИНС, методов эволюционного моделирования и нечетких систем могут рассматриваться вне связи между собой,

однако их взаимозависимость оказывается необычайно важной и энергоэффективной.

Можно полагать, что поставленная задача состоит прежде всего в том, чтобы глубже познать принципы обеспечения относительно стабильной стационарности энергетического состояния окружающей среды, научиться правильно объяснять и осознанно управлять изменениями энергетических состояний объектов (автомобилей).

Выводы

Концептуальной основой предлагаемых в статье исследований являются фундаментальные науки. Прежде всего – это физика, математика, биология, химия. В качестве прикладных использованы достижения инженерных, фармакологических, медицинских, сельскохозяйственных и других наук.

Не представляющие особой сложности, а по существу простейшие наблюдения показывают, что в окружающем мире растения и животные черпают данную им природой энергию практически бесплатно и неограниченно. И только человек, из всех живых существ, по тем или иным причинам оказался один на один перед решением им созданных собственных энергетических проблем. Исходя из общепризнанных широко известных научных и практических представлений о решении энергетических проблем, надежды не только на ближайшую, но и на более дальнюю перспективу, пока еще весьма далеки от обнадеживающих.

В работе построена структура (концепция) интеллектуального автомобиля на основе нейробионики и методов эволюционного моделирования, что позволит качественно повысить энергоэффективность автомобиля и снизить вредные воздействия на экосистему.

Литература

1. Власов В.М. Информационные технологии на автомобильном транспорте / В.М. Власов, В.Б. Николаев, А.В. Поштит и др. – М. : МАДИ (ГТУ), 2006. – 283 с.

2. Алексієв О.П. Телематика, мехатроника та синергетика на автомобільному транспорті / О.П. Алексієв, В.О. Алексієв, О.І. Туренко // Автомобильный транспорт. – 2009. – №25. – С. 266–270.
3. Никонов О.Я. Интегрированные информационно-управляющие телематические системы транспортных средств / О.Я. Никонов, В.Н. Шуляков // Автомобильный транспорт. – 2010. – №27. – С. 83–87.
4. <http://autonews.ru>.
5. <http://conceptcar.ee>.
6. <http://avtomersedes>.
7. Соколов Е.Н. Нейробионика. Организация нейроподобных элементов и систем / Е.Н. Соколов, Л.А. Шмелев. – М. : Наука, 1983. – 280 с.
8. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия-Телеком, 2004. – 452 с.
9. Fogel D.B. Evolutionary Computation. Towards a New Philosophy of Machine Intelligence / D.B. Fogel – IEEE Press, 1995. – 236 p.
10. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence / J.H. Holland. – London: Bradford book edition, 1994. – 211 p.
11. Кравец И.А. Управляемый синтез энергии / И.А. Кравец. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 300 с.
12. Vas P. Artificial-intelligence-based electrical machines and drives: application of fuzzy, neural, fuzzy-neural and genetic-algorithm-based techniques / P. Vas. – Oxford: Oxford Univ. Press, 1999. – 625 p.
13. Spooner J.T. Stable adaptive control and estimation for nonlinear systems: neural and fuzzy approximator techniques / J.T. Spooner. – New York: Wiley-Interscience, 2002. – 545 p.

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

Статья поступила в редакцию 16 мая 2011 г.