

ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.511.4; 004.896

В.А. Сычёв

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ХАОТИЧЕСКИМ ПОВЕДЕНИЕМ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Приводится обзор современных направлений исследований в области хаотической динамики, результаты которых находят применение в задачах управления мобильными роботами. К числу таких направлений относятся исследования в области стабилизации нелинейных динамических систем с хаотической динамикой, целенаправленной генерации хаотических колебаний, применения их результатов для обработки информации. Формулируются задачи из области управления мобильными роботами, решение которых позволит повысить автономность и функциональность роботов, действующих в недетерминированной среде.

Введение

В последние три десятилетия возросло количество исследований как естественных, так и искусственных нелинейных динамических систем (НДС), которые демонстрируют хаотические режимы работы. Термин «хаотический» применяется к таким детерминированным системам, фазовые траектории которых обнаруживают сильную зависимость от начальных условий [1, 2].

Некоторые исследователи полагают, что новый порядок (самоорганизация) в сложной системе возникает через динамический хаос – хаотический режим функционирования сложной системы [3, 4]. При этом сложной считается система, состоящая из множества взаимодействующих подсистем и обретающая в силу их взаимодействия свойства, отсутствующие у каждой из подсистем в отдельности [5, 6]. Известны практические примеры использования описываемых НДС для решения инженерных задач, в том числе в робототехнике [7].

Робототехника объединяет в себе механику, электронику и информатику. В каждой из областей, где присутствуют нелинейные элементы, могут иметь место хаотические колебания [1]. В механических системах роботов источниками нелинейности являются элементы с трением, мертвым ходом, зазором. В первую очередь это шасси мобильных роботов и редукторы [1, 8, 9]. В области электроники источником нелинейности могут служить полупроводниковые приборы, электрические и магнитные силы, прочие активные и пассивные электронные компоненты [1, 10]. В информатике хаотическая динамика чаще всего моделируется целенаправленно, с использованием различных систем дифференциальных уравнений и дискретных отображений.

Таким образом, хаотическая динамика может иметь место в ходовых и манипуляционных системах роботов, в системах управления движением, защищенной радиосвязи, хранения и обработки информации от сенсоров.

Интерес исследователей в области робототехники к НДС с хаотической динамикой объясняется тем, что до настоящего времени не созданы универсальные надежные методы управления непромышленными робототехническими аппаратами [11–13]. Исследователи продолжают вести активный поиск новых подходов к обработке и распознаванию сенсорных данных, управлению движением, осуществлению радиосвязи, хранению данных и знаний.

Благодаря уникальным свойствам НДС с хаотической динамикой предпринимаются попытки решения каждой из перечисленных задач с использованием новых знаний о хаосе.

Целью настоящей работы является повышение степени автономности мобильных роботов социального, бытового или образовательного назначения, действующих в недетерминированной среде, для чего требуется выполнить обзор актуальных задач робототехники, которые могут быть решены с использованием знаний о хаотической динамике.

1. Примеры хаотической динамики в естественных и технических системах

Хаотические режимы возникают в любых динамических, т. е. изменяющихся во времени системах, содержащих нелинейность. Некоторые примеры хаотической динамики, такие как турбулентные течения жидкости и газа, могут быть обнаружены невооруженным взглядом. Важной областью исследований в данном примере является поиск условий перехода от упорядоченного течения к турбулентности. Примером подобных исследований [14] является разработка метода бифуркационного анализа хаотических аттракторов НДС на основе теории матричной декомпозиции векторных функций в пространстве состояний [15], который позволяет выявить точку бифуркации в пространстве состояний, соответствующую либо новой ветви стационарного решения, либо периодической траектории.

Теория матричной декомпозиции находит применение и для исследования динамики таких систем, как искусственные нейронные сети [16]. Значительно более сложную динамику демонстрируют биологические нейронные сети. Примеры хаотической динамики в биологии были затронуты, в частности, У. Фрименом [17–19], эксперименты которого по исследованию процессов распознавания запахов млекопитающими выявили сложность происходящих при этом процессов. У. Фрименом высказано предположение о том, что моделирование переходов между хаотическими состояниями играет важную роль для понимания процессов, происходящих в мозгу живых существ.

Помимо нейронов и обонятельных рецепторов, хаотические процессы возникают и в других биомедицинских средах, в частности в сердечной мышце, где они могут приводить к фибрилляции либо способствовать облегченному «запуску сердца» [20, 21].

Есть основания полагать, что случайные колебания используются живыми существами для выполнения поисковых движений. В работе [22] описывается общая схема поискового адаптивного поведения с инерционным переключением между поисковыми тактиками. Как было указано в данной работе, эффективное поисковое движение может быть реализовано сочетанием перемещения на значительные расстояния, частыми случайными переменами в направлении движения и инерционностью переключения между каждым из видов движения.

Хаотическая динамика была выявлена и в таких технических устройствах, как оптические и электромеханические системы, системы массового обслуживания, где она проявляется как побочный и часто нежелательный эффект в процессе функционирования систем [7, 8, 10, 23, 24]. Однако позже стали появляться радиофизические и вычислительные устройства, предназначенные для целенаправленной генерации хаотических колебаний, которые находят применение в радиосвязи, криптографии, бытовой технике [1, 7].

Исследования в области хаотической динамики можно условно разделить на два направления. Одним из направлений, имеющих практическое применение, является стабилизация НДС с хаотической динамикой, т. е. предотвращение возникновения хаотических колебаний. При этом решение данной задачи актуально даже для устройств, первоначально функционирующих в стационарных режимах, однако в силу старения материалов и комплектующих способных со временем перейти в хаотическое состояние [20, 23, 24].

Практический интерес представляет и обратная задача, заключающаяся в целенаправленной генерации хаотических колебаний, а также связанная с ней область исследований, посвященных синхронизации НДС с хаотической динамикой. Особой развивающейся областью является информационное применение НДС с хаотической динамикой, примером которого может служить хаотический процессор [25, 26].

2. Нелинейные процессы в механических системах роботов

Малогабаритные роботы, в том числе микророботы, представляют собой развивающийся класс робототехнических аппаратов, к числу которых относятся роботы сервисного и социально-бытового назначения, функционирующие в помещениях. Как правило, размеры рабочей зоны измеряются десятками квадратных метров, т. е. сопоставимы с размерами жилых комнат, залов и т. д. Чаще всего роботы данного класса оснащаются колесным либо гусеничным шасси [11–13]. В обоих случаях используются электромоторы и многозвенные редукторы, которые

наряду с гусеничным шасси имеют нелинейные характеристики [8] и могут стать причиной возникновения хаотических процессов в ходовой части мобильного робота.

Функция жесткости однозвенного редуктора, показанная ниже, является кусочно-линейной функцией

$$g(x, n) = \begin{cases} x & \text{при } x \geq 0, \\ 0 & \text{при } -n < x < 0, \\ x + n & \text{при } x \leq -n, \end{cases} \quad (1)$$

где $g(x, n)$ – функция жесткости однозвенного редуктора; n – свободный ход шестерен; x – жесткость.

На рис. 1, а через I_1 и I_2 обозначены моменты инерции первой и второй шестерни соответственно, K обозначает коэффициент сцепления шестерен, C – коэффициент демпфирования. На рис. 1, б показан график функции жесткости однозвенного редуктора (1). На рис. 1, в в упрощенном виде изображено шасси мобильного робота на гусеницах, представляющее собой пример сухого трения между линейным осциллятором (массой) и движущимся ремнем, где V – скорость ленты, а v – скорость осциллятора [1, 9]. В том случае если трение между ними является сухим трением скольжения, зависящим от относительной скорости осциллятора и ленты $v - V$, выражение для силы трения имеет вид

$$R(v) = \begin{cases} R_0 & \text{при } (V - v) > 0, \\ -R_0 & \text{при } (V - v) < 0, \end{cases} \quad (2)$$

где R – сила трения.

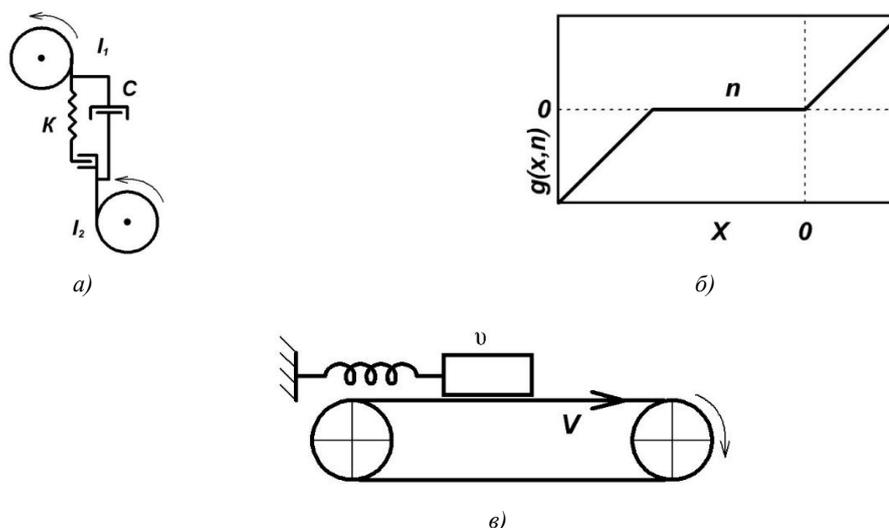


Рис. 1. Примеры нелинейных систем в механике: а) однозвенный редуктор; б) кусочно-линейная функция жесткости однозвенного редуктора; в) гусеничное шасси

Традиционные навигационные средства, такие как инерциальные навигационные системы или системы глобального позиционирования, не позволяют обеспечить требуемой точности определения местоположения робота. В то же время внутренние датчики оборотов колес или гусениц не дают возможности определить пройденный роботом путь, в том числе и в силу хаотических явлений в ходовой части. Следовательно, высокие возможности навигации подобных роботов в помещении могут быть обеспечены комплексом мер, включающим не только повышение точности используемых датчиков, но и устранение причин возникновения ошибок позиционирования.

Для исследования процессов, происходящих в ходовой части малогабаритного мобильного робота, был сконструирован экспериментальный стенд, функциональная схема которого по-

казана на рис. 2, а. Стенд представляет собой гусеничное шасси, оснащенное двумя коллекторными электромоторами с редукторами и измерительной аппаратурой. Так как нагрузка на ось электромотора отражается на величине потребляемого им тока, то для наблюдения за процессами в ходовой части мобильного робота измерялась величина тока, потребляемого одним из электромоторов М. Частота дискретизации составляла 9615,4 Гц при разрядности аналогоцифрового преобразователя (АЦП) 10 бит.

График на рис. 2, б иллюстрирует изменение во времени величины тока, потребляемого электромотором, при движении робота по ровной поверхности. Нестабильность токопотребления свидетельствует о неравномерности нагрузки на ось электромотора. Значительный вклад в создание данной неравномерности вносит резиновый трак гусеничного шасси. На рис. 2, в показано токопотребление электромотора с частично демонтированным редуктором – ось электромотора соединена только с одним свободно вращающимся зубчатым колесом. График токопотребления электромотора без редуктора изображен на рис. 2, г.

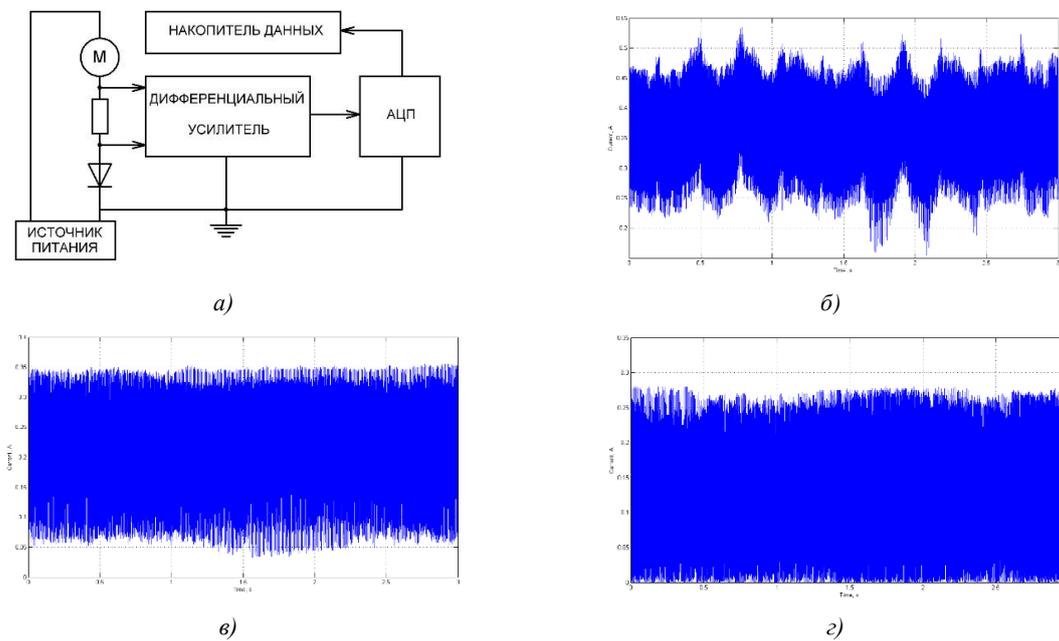


Рис. 2. Экспериментальное исследование процессов в ходовой части мобильного робота: а) функциональная схема экспериментального стенда; б) токопотребление электромотора при движении робота; в) токопотребление электромотора с одним зубчатым колесом; г) токопотребление электромотора без нагрузки

Неравномерность нагрузки на электромотор приводит к колебаниям скорости движения робота и, следовательно, к погрешности его позиционирования. Важной задачей является исследование характеристик колебаний, показанных на графиках выше, и определение их влияния на движение робота, что позволило бы повысить его стабильность и снизить ошибки позиционирования.

3. Генерация хаотических колебаний

Такие задачи, как радиосвязь на хаотических несущих, криптозащита с помощью хаоса, и многие другие практические приложения требуют целенаправленного создания хаотических колебаний, представленных как в аналоговой, так и в дискретной формах. В основе каждого генератора хаотических колебаний лежит НДС с непрерывным либо дискретным временем.

Примерами НДС с непрерывным временем, которые могут быть использованы для генерации хаотических колебаний, являются НДС, описываемые уравнениями Дуффинга, ван дер Поля, Лоренца, Ресслера, схема Чжуа [1, 10, 27]. Для генерации хаотических колебаний в системах с дискретным временем выполняется интегрирование системы дифференциальных уравнений либо итерационное вычисление дискретного отображения, для которых известны параметры, обеспечивающие хаотическую динамику [1].

В области исследований, посвященных генерации хаотических колебаний, известен ряд задач. В частности, в сфере аналоговой электроники существует потребность в развитии методов анализа и синтеза электронных схем, демонстрирующих хаотические режимы работы. Для решения данной задачи может найти применение теория матричной декомпозиции [15] как инструмент перехода от системы дифференциальных уравнений к матрицам, описывающим процессы в электронных схемах [28, 29].

В дискретных системах, оперирующих числами конечной длины, хаотические колебания используются чаще всего для криптозащиты информации и для генерации управляющих последовательностей. Нередко требуются идентичность хаотических колебаний, сгенерированных на различных программно-аппаратных платформах, и переносимость алгоритмов генерации на различные платформы (так называемое свойство кросс-платформенности), чтобы обеспечить возможность корректного кодирования и декодирования информации. Недостаточно высокая точность вычислений приводит к постепенному переходу НДС из хаотического в периодический или квазипериодический режим либо вовсе препятствует возникновению хаотического режима. Вычисления, выполненные на различных программно-аппаратных платформах, могут дать неодинаковый результат. В силу чувствительности НДС с хаотической динамикой к начальным условиям отличия в правилах хранения и обработки данных на различных платформах приводят к отличиям в хаотических аттракторах.

Таким образом, для реализации дискретного генератора хаотических колебаний необходимо использовать методы и алгоритмы, обеспечивающие необходимую точность вычислений и переносимость результатов. Важной задачей является исследование моделей дискретных НДС с хаотическими режимами для определения возможностей их использования в системах управления робототехническими аппаратами.

4. Реализация поискового движения мобильного робота

Существует ряд практических задач в области мобильной робототехники, решение которых требует выполнения поискового движения. В их числе – поиск объектов или определенных условий на местности, поиск пути при неполной или недостоверной информации об окружающей среде [11]. Один из подходов к решению различных задач робототехники, в том числе и задачи поискового движения, получил название анимат-подхода [22] и заключается в имитации поведения живых существ. Упомянутая выше схема поискового адаптивного поведения с инерционным переключением между поисковыми тактиками предполагает существование двух тактик поведения, первая из которых – движение в выбранном направлении, а вторая – случайное изменение направления движения. Переключение между тактиками поведения управляется величиной $M(t)$, которая зависит от времени следующим образом:

$$M(t) = k_1 M(t-1) + \xi(t) + I(t), \quad (3)$$

где k_1 – параметр, характеризующий инерционность переключения тактик ($0 < k < 1$); $\xi(t)$ – нормально распределенная случайная величина со средним, равным 0, и средним квадратическим отклонением σ ; $I(t)$ – интенсивность раздражителя.

Предполагается, что робот (анимат в терминах [22]) в соответствии с данной тактикой движется в двухмерном пространстве x, y . Его задачей является поиск максимума функции $f(x, y)$. Время t робота является дискретным; следовательно, он оценивает изменение текущего значения функции $f(x, y)$ по сравнению с предыдущим тактом времени следующим образом:

$$\Delta f(t) = f(t) - f(t-1). \quad (4)$$

Интенсивность раздражителя $I(t)$ предусматривает следующие возможности:

$$I(t) = k_2 \Delta f(t) \quad (5)$$

и

$$I(t) = k_2 \Delta f(t) / f(t-1), \quad (6)$$

где $k_2 > 0$. Эмпирически установлено, что формула (6) применяется при $f(t) > 0$. Данная схема является наиболее общим и простым описанием механизма поискового поведения живых существ с инерционным переключением тактик. В то же время известны и другие реализации схем поискового поведения. Не исключено, что применение подобной схемы для управления мобильным роботом позволит эффективно решать поисковые задачи, а одним из путей реализации данной схемы поискового движения является применение генератора хаотических колебаний, потенциал которого состоит в возможности генерирования случайных величин, обеспечения требуемой инерционности и оценки интенсивности раздражителя.

Существуют работы, посвященные применению НДС для генерирования сигналов управления движением мобильного робота, например [30]. Однако в данной работе модель поискового поведения [22] не реализована, и нелинейный генератор хаотических колебаний используется лишь в контуре реактивного управления.

Реализация схемы поискового адаптивного поведения с инерционным переключением между поисковыми тактиками на основе генератора хаотических колебаний и включение ее в контур реактивного управления мобильного робота являются перспективными способами реализации поискового движения для мобильных роботов, действующих в недетерминированной среде.

5. Информационное применение систем с хаотической динамикой

Один из примеров использования систем с хаотической динамикой для обработки информации предложен в работе [31] и основывается на чувствительности НДС с хаотической динамикой к начальным условиям. Принцип, предложенный в данной работе, подразумевает включение в цепь управления генератора хаотических колебаний датчика какой-либо физической величины таким образом, чтобы малейшее изменение состояния датчика приводило бы к значительным изменениям динамики генератора. По результатам идентификации динамики генератора может быть определено изменение состояния датчика. Ограничивает же применение описанного подхода сложность идентификации генератора.

Другим вариантом информационного применения систем с хаотической динамикой является хаотический процессор [25, 26]. В основу хаотического процессора положена гипотеза о существовании общих принципов и закономерностей обработки информации в системах со сложной динамикой, не зависящих от конкретного вида и реализации самих систем. Эта гипотеза выдвигается на основании анализа экспериментальных данных и теоретических представлений об информационных процессах в живых системах. В работе [26] описана модель НДС, способная реализовать процесс хранения и извлечения данных, записанных на предельном цикле одно- или многомерного отображения. Вариантом практического применения хаотического процессора является реализация функций ассоциативной памяти [32].

Несмотря на перспективность применения хаотического процессора в робототехнических задачах, ему препятствует ряд трудностей. К примеру, одним из возможных применений ассоциативной памяти является фильтрация информации. В этом случае хаотический процессор должен получать на вход предварительно обработанные данные, в то время как было бы желательно осуществлять все этапы обработки с помощью самого хаотического процессора.

В том случае, когда хаотический процессор используется в качестве ассоциативной памяти, а на его вход подаются данные, в памяти не содержащиеся, на выходе процессора формируются хаотические колебания. Трудность при этом представляет автоматическая идентификация выходного состояния процессора.

Заключение

Паразитные хаотические процессы выявляются во многих системах роботов. В то же время целенаправленно сгенерированные хаотические колебания могут быть использованы для решения ряда практических задач.

На основании проведенного обзора можно выделить ряд приоритетных задач для исследований, проводимых на стыке нелинейной динамики и робототехники, решение которых позволит повысить автономность мобильных роботов. В области механики это задачи предотвращения возникновения хаотических процессов в редукторах и ходовой части роботов. В аналоговой электронике интерес представляет разработка новых методов анализа и синтеза электронных схем с хаотическими режимами. В системах с дискретным временем важной задачей является разработка кросс-платформенных методов генерации хаотических колебаний.

Практическое применение НДС с хаотической динамикой является перспективным для реализации поискового движения мобильных роботов, а также для хранения и обработки информации.

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ–ГФФИУ № Ф13К-144 «Разработка методов оперативной обработки и передачи информации для эффективного управления мобильными роботами и подвижными системами».

Список литературы

1. Moon, F. Chaotic Vibrations: An Introduction for Applied Scientists and Engineers / F. Moon. – John Wiley&Son, 2004. – 309 p.
2. Кроновер, Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории / Р.М. Кроновер. – М. : Постмаркет, 2000. – 352 с.
3. Пригожин, И. Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Прогресс, 1986. – 431 с.
4. Малинецкий, Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: введение в нелинейную динамику / Г.Г. Малинецкий. – М. : Эдиториал УРСС, 2000. – 256 с.
5. Хакен, Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии / Г. Хакен. – Москва – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2003. – 320 с.
6. Лоскутов, А.Ю. Основы теории сложных систем / А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов. – Москва – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2007. – 620 с.
7. Chaos in Automatic Control / W. Perruquetti [et al.] ; ed. W. Perruquetti. – CRC Pres, 2005. – 564 p.
8. Radons, G. Nonlinear Dynamics of Production Systems / G. Radons, R. Neugebauer ; ed. Günter Radons, Reimund Neugebauer. – Weinheim : John Wiley & Sons, 2006. – 647 p.
9. Эбелинг, В. Образование структур при необратимых процессах / В. Эбелинг. – М. : Мир, 1979. – 279 с.
10. Nonlinear Dynamics in Circuits / T. Carroll [et al.] ; ed. T. Carroll. – World Scientific, 1995. – 344 p.
11. Каляев, И.А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. – М. : Физматлит, 2009. – 280 с.
12. Интеллектуальные роботы : учебное пособие для вузов / В.А. Каляев [и др.] ; под общей ред. Е.И. Юревича. – М. : Машиностроение, 2007. – 360 с.
13. Юревич, Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 416 с.
14. Baldin, V.A. The development of model for boundary layers past a concave wall with usage of nonlinear dynamics methods / V.A. Baldin, A.M. Krot, H.B. Minervina // Advances in Space Research. – 2006. – Vol. 37, no. 3. – P. 501–506.
15. Крот, А.М. Анализ аттракторов сложных нелинейных динамических систем на основе матричных рядов в пространстве состояний / А.М. Крот // Информатика. – 2004. – №1. – С. 7–16.
16. Krot, A.M. Nonlinear analysis of the Hopfield network dynamical states using matrix decomposition theory / A.M. Krot, R.A. Prakapovich // Chaotic modeling and simulation. – 2013. – Vol. 1. – P. 133–146.
17. Freeman, W.J. Spatial properties of an EEG in the olfactory bulb and olfactory cortex / W.J. Freeman // Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. – 1978. – № 44. – С. 586–605.
18. Freeman, W.J. Mesoscopic neurodynamics: From neuron to brain / W.J. Freeman // Mesoscopic neurodynamics: From neuron to brain. – 2000. – Vol. 94, iss. 5–6. – С. 303–322.

19. Malsburg, C. von der. The correlation theory of brain function / C. von der Malsburg // Max-Planck. Institut for Biophys. Chem. – Germany, 1981. – Vol. 81-2.
20. Чжуа, Л.О. Хаотические системы / Л.О. Чжуа // Хаотические системы. Тематический выпуск : труды Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике. – 1987. – Т. 75, № 8. – С. 4–5.
21. Dailyudenko, V.F. Linearized Analysis of Complexity and Stability For Propagating Recovery Model of Active Medium / V.F. Dailyudenko // Chaos and Complexity Research Compendium. – N.Y. : Nova Science Publishers, 2013. – Vol. 3. – P. 113–140.
22. Непомнящих, В.А. Бионическая модель адаптивного поискового поведения / В.А. Непомнящих, Е.Е. Попов, В.Г. Редько // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2008. – № 1. – С. 85–93.
23. Паркер, Т.С. Введение в теорию хаотических систем для инженеров / Т.С. Паркер, Л.О. Чжуа // Хаотические системы. Тематический выпуск : труды Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике. – 1987. – Т. 75, № 8. – С. 6–40.
24. Handbook of Chaos Control / E.Schöll [et al.] ; ed. E.Schöll. – 2nd ed. – Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA, 2008. – 819 p.
25. Dmitriev, A.S. Basic principles of direct chaotic communications / A.S. Dmitriev [et al.] // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. – 2003. – Vol. 6, no. 1. – P. 488–501.
26. Андреев, Ю.В. Хаотические процессоры / Ю.В. Андреев, А.С. Дмитриев, Д.А. Куминов // Успехи современной радиоэлектроники. – 1997. – № 10. – С. 50–79.
27. Хаслер, М.Ж. Электрические схемы с хаотическим поведением / М.Ж. Хаслер // Хаотические системы. Тематический выпуск : труды Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике. – 1987. – Т. 75, № 8. – С. 40–54.
28. Анго, А. Математика для электро- и радиоинженеров / А. Анго. – М. : Наука, 1967. – 780 с.
29. Мэзон, С. Электронные цепи, сигналы и системы / С. Мэзон, Г. Циммерман. – М. : Наука, 1963. – 619 с.
30. Clarck, M. Coupled Oscillator Control of Autonomous Mobile Robots / M. Clarck, T. Anderson, R. Skinner // Autonomous Robots. – Kluwer Academic Publishers, 2000. – P. 189–198.
31. Чернухо, Е.В. Моделирование и анализ свойств синергетического метода измерения : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.13 / Е.В. Чернухо ; НАН Беларуси, Ин-т прикладной физики. – Минск, 2000. – 24 с.
32. Прокопович, Г.А. Нейросетевые модели интеллектуальных систем управления робототехническими аппаратами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18 / Г.А. Прокопович ; ОИПИ НАН Беларуси. – Минск, 2013. – 24 с.

Поступила 10.11.2014

*Объединенный институт проблем
информатики НАН Беларуси,
Минск, ул. Сурганова, 6
e-mail: vsychyov@robotics.by*

U.A. Sychou

APPLICATION OF CHAOTIC DYNAMICAL SYSTEMS IN ROBOTICS

An overview of modern directions of research in the field of chaotic dynamics is provided. The results of the research can be used for the control of mobile robots. There are such directions of research as stabilization of nonlinear dynamical systems with chaotic dynamics, generation of chaotic vibrations and their applications in information processing. The tasks of mobile robots control that allow to increase functionality and autonomy of robots operating in non-deterministic environment are formulated.