

цепции развитой моделирующей среды, позволяет конфигурировать систему моделирования в соответствии с целями экспериментов, пригодна для проведения экспериментов по выбору структур, моделей и алгоритмов управления, а также по определению наиболее эффективной стратегии поведения производственной системы в условиях неопределенности.

Предложенная технология разработки информационно-управляющих систем соответствует технологиям активного обучения; а разработанные системы моделирования и управления имеют двойное применение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г.** Моделирование производственно-рыночных систем. Уфа: УГАТУ, 1995. 321 с.
2. **Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г., Сергеева И. Г.** Управление производственно-рыночной системой на основе нечеткой логики // Вопросы управления в информационных и кибернетических системах: Межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 1999. С. 7–13.

3. **Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г., Сергеева И. Г.** Принятие решений по управлению производством на основе нейросетевого моделирования // Нейроинформатика-99: Сб. науч. тр. Всерос. науч.-техн. конф. М., 1999. С. 157–165.
4. **Groumos P. P., Piyasov B. G., Ismagilova L. A., Valeeva R. G.** Intelligent control algorithms of dynamic manufacturing systems // Proc. of Int. Conf. ASI'98: Life Cycle Approaches to Production Systems: Management, Control and Supervision. Bremen, 1998. P. 151–156.

#### ОБ АВТОРЕ

**Валеева Роза Гумеровна**, доцент, докторант кафедры технической кибернетики УГАТУ. Дипл. инженер-электромеханик по электрическим машинам и аппаратам (УАИ, 1974), канд. техн. наук по автоматизации технологических процессов и производств (УАИ, 1987). Исследования в области моделирования и интеллектуального управления организационными производственными системами.

УДК 53.072:681.3

### ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТРАЕКТОРИЙ ИЗБЫТОЧНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

Г. Р. ШАХМАМЕТОВА

Факультет информатики и робототехники УГАТУ  
Тел: (3472) 23 77 17 E-mail: firt@ugatu.rb.ru

Рассматриваются вопросы применения генетического подхода для планирования траекторий избыточных манипуляторов в сложном пространстве и разработки моделирующего комплекса для исследования эффективности работы генетического подхода

*Избыточный манипулятор; планирование траектории; генетический алгоритм*

#### ВВЕДЕНИЕ

При управлении движением кинематически избыточного манипулятора одной из наиболее значимых является проблема планирования траектории [1, 2]. До начала движения манипулятора важно знать, во-первых, существуют ли на его пути какие-либо препятствия, и, во-вторых, накладываются ли какие-либо ограничения на траекторию [3]. Классические методы планирования траекторий редундантных манипуляторов (метод виртуальных пружин, метод псевдоинверсии, метод «Морай» и т. д.) разработаны достаточно хорошо, но эти алгоритмы неприемлемы для работы манипулятора в сложном рабочем пространстве с множеством препятствий, так как требуют громоздких вычислений и неприемлемы для работы в реальном времени [4, 5].

Использование интеллектуальных методов управления позволяет эффективно управлять избыточным манипулятором в сложном рабочем

пространстве [6]. В работах [7, 8] рассмотрен эвристический метод, который позволяет находить траектории без априорной информации о рабочем пространстве.

В данном сообщении рассматривается подход к планированию траектории движения избыточного манипулятора на основе генетического алгоритма.<sup>1</sup> Генетический подход как метод поиска подходящих решений широко используется в настоящее время в самых различных областях, поскольку во многих случаях он позволяет отойти от сложного аналитического описания системы и преодолеть «проклятие размерности» [9].

#### 1. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ

Генетический алгоритм как метод решения по сравнению с классическими методами позволяет

<sup>1</sup> Работа явилась частью исследований по международному проекту Copernicus (15 СТ 96-0702) совместно с коллегами из Университета Карлсруэ (Германия), частично поддержана федеральной целевой программой «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальных наук на 1997–2000 гг.» и продолжается в настоящее время в рамках хозяйственной научно-исследовательской работы № ИФ-ТК-16-00-03/6.

ограничиться меньшим количеством экспериментов, при этом практически не налагает никаких ограничений на систему. Использование генетического алгоритма позволяет разработать устойчивую сеть возможных маршрутов и движений, из которых можно выбрать некоторую субоптимальную траекторию.

При реализации генетического подхода в качестве основных объектов (генов) предлагается использовать траектории движения избыточного манипулятора, описываемые как наборы точек двумерного пространства. Популяция объектов представляет собой массив траекторий, а траектории, в свою очередь, одномерный массив узловых точек траектории. Начальная популяция генерируется путем заполнения массива точек с помощью датчика псевдослучайных чисел. Далее работа в популяции ведется с помощью генетических операторов: скрещивание, мутация, селекция, отбор элиты. Основные значения операторов приведены в табл.

Таблица

Оператор	Действие
Скрещивание	Воспроизводство двух новых объектов взаимной заменой частей генетических материалов родителей
Мутация	Изменение по некоторому случайному закону всех свойств в выбранном по случайному закону подмножестве свойств
Селекция	Отбор объектов, удовлетворяющих определенным критериям, для дальнейшей работы
Отбор элиты	Отбор наилучших объектов

Особенность оператора скрещивания в данном применении алгоритма состоит в том, что скрещивание осуществляется путем случайного обмена узловыми точками между соответствующими массивами родителей траекторий и производится не в одной точке, а на некотором отрезке, длина которого может быть задана пользователем.

Оператор мутации применяется для предотвращения вырождения популяции, величина коэффициента мутации может варьироваться. Мутация осуществляется путем случайного присвоения случайных координат случайной узловой точке на элитной траектории с вероятностью, определяемой пользователем.

Оператор селекции состоит в отборе наилучших траекторий, обеспечивающих достижение целевой точки и отсекающие траекторий, пересекающихся с препятствиями, из дальнейшей эволюции. Отбор (селекция) траекторий происходит на основе заданных критериев — уклонение от столкновений и наименьшая длина траектории.

Отбор элиты осуществляется путем присвоения переменной траектории подходящей для решения поставленной задачи (определяется степенью пригодности траектории — как правило, наивысшей или очень высокой) движения манипулятора значения "истина". Наличие такого признака

у траектории гарантирует, что данная траектория не будет исключена из популяции и подвергнута мутации.

Таким образом, перед началом работы генетического алгоритма происходит инициализация популяции. Далее состав популяции динамически изменяется на каждом шаге-итерации. Эти изменения моделируются генетическими операторами, которые применяются до тех пор, пока не будет получена конечная популяция, заданная с помощью критериев оценки (например, в конечной популяции должно быть  $n$  пригодных траекторий).

Для каждой траектории из популяции определяется степень пригодности для движения. Данная операция осуществляется путем рассмотрения пригодности траектории по различным параметрам:

- по достижению цели;
- по достаточности длины манипулятора;
- по укладываемости и достаточности звеньев манипулятора;
- по допустимости углов поворота;
- по пересечению с препятствиями;
- по толщине звеньев манипулятора.

В результате из набора пригодных траекторий выбирается самая лучшая с точки зрения определенного критерия (в данном случае — самая короткая).

## 2. МЕТОДИКА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

При использовании генетического подхода для планирования траекторий автоматизировались следующие функции, связанные с управлением редундантным манипулятором:

- моделирование рабочего пространства;
- моделирование манипулятора;
- моделирование процесса поиска набора наилучших траекторий с учетом заданных параметров манипулятора и рабочего пространства;
- анализ результатов эксперимента, в процессе которого собираются и обрабатываются данные о его ходе и выдаются сообщения о полученных результатах.

Пространство в данном случае — это базовая система отсчета, к которой привязаны манипулятор, препятствия и другие объекты. Для математического описания пространства использована стандартная дискретная двумерная декартова система координат размерностью  $600 \times 400$ . Координаты всех объектов определяются набором  $(X, Y)$  относительно базовой системы отсчета. Препятствия моделируются с помощью замкнутой ломаной линии, проходящей вдоль линии, ограничивающей внешнюю границу препятствия. Она однозначно описывается путем последовательного задания координат узловых точек ломаной линии. Все координаты задаются в пределах рабочего пространства. Рабочее пространство манипулятора задается в отдельном файле, где могут быть описаны препятствия различной формы.

Моделирование манипулятора — это создание объекта со свойствами, повторяющими реальный манипулятор. В качестве исходных данных для моделирования редундантного манипулятора использовались следующие параметры: количество звеньев, длина звена, толщина звена, максимальный угол поворота (все задаются пользователем).

Процесс поиска набора наилучших траекторий производится с использованием генетического алгоритма с учетом параметров рабочего пространства и собственно манипулятора. Исходными данными для генетического алгоритма являются: количество циклов, условие завершения генерации популяций, диапазон скрещивания, коэффициент мутации и т. д. (все задаются пользователем). Программный комплекс комбинирует случайный поиск путей «от точки к точке» с использованием генетических операторов (скрещивание, мутация, селекция), улучшающих популяцию путей с точки зрения оценочного критерия.

Анализ результатов эксперимента предполагает выдачу данных об узловых точках траекторий, входящих в текущую популяцию, выдачу данных о свойствах всех траекторий, графическое представление расположения траекторий в рабочем пространстве, а также график зависимости количества пригодных траекторий от количества пройденных циклов скрещивания.

Схема работы моделирующего комплекса приведена на рис. 1.

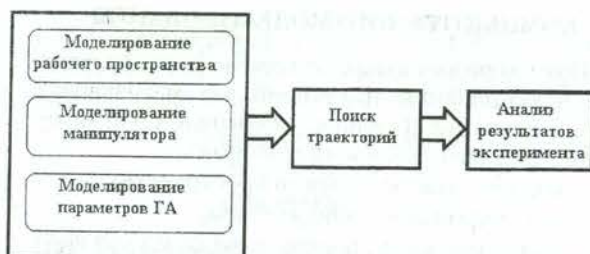


Рис. 1

### 3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Программное обеспечение моделирующего стенда реализовано для IBM PC с процессором не ниже Pentium 100, ОЗУ 16 Мб. В качестве средства реализации программного обеспечения была использована интегрированная среда разработки Delphi 3.

Тестирование программного комплекса показало высокое качество найденных субоптимальных траекторий при различных конфигурациях рабочего пространства. Алгоритм позволяет эффективно планировать траектории редундантного манипулятора в пространстве со множеством препятствий, когда стоит задача достижения целевой точки без соприкосновения (столкновений) с ними. Примеры графического интерфейса приведены на рис. 2 и 3. График зависимости количества пригодных траекторий от количества пройденных циклов скрещивания

денных циклов генетического алгоритма для примера, приведенного на рис. 3, изображен на рис. 4.

Моделирование подтвердило возможность использования данного подхода на локальных уровнях в мультиагентной системе управления редундантным манипулятором.

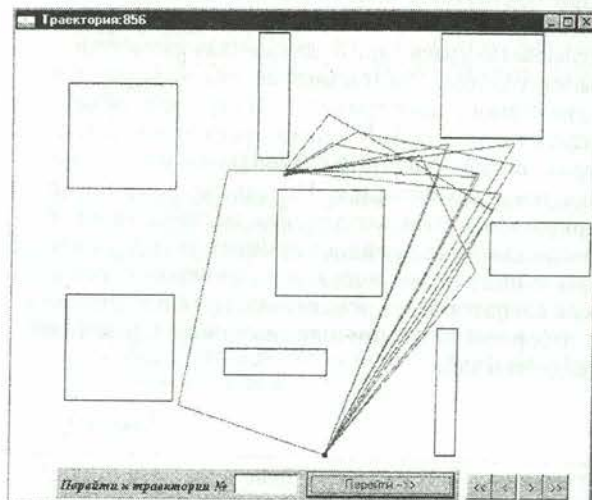


Рис. 2

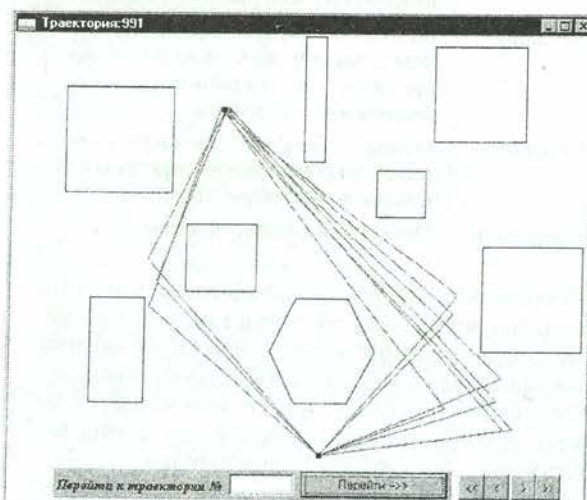


Рис. 3

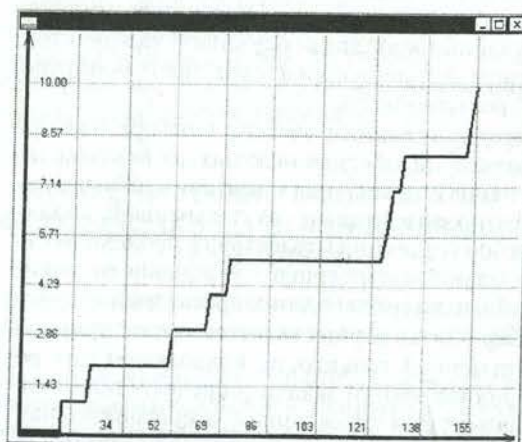


Рис. 4

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной статье рассмотрен подход к планированию траекторий избыточных манипуляторов на основе генетического алгоритма. Предложенный алгоритм не зависит от числа звеньев, которое может быть легко увеличено, и может использоваться для работы манипулятора с большим числом звеньев в сложном рабочем пространстве.

Моделирующий комплекс предоставляет интерактивные возможности для проведения экспериментов с генетическим алгоритмом в области планирования траекторий редундантных манипуляторов.

В дальнейшем планируется разработка подхода для 3-мерного пространства.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Bohner P. Redundant manipulator control based on multi-agent // 3rd IFAC. France. 1997. P. 357-362.
2. Yussupova N. I., Gonchar L. E., Nikiforov D. V., Rembold U. Iterative recursive algorithm for path planning for redundant manipulators in highly constrained environment // IAF-97-u.4.05. Turin, Italy, 1997. P. 1-9.
3. Юсупова Н. И., Гончар Л. Е., Рембольд У. Избыточные манипуляторы. Управление: Планирование траекторий. Препринт. Уфа: УНЦ РАН, 1998. 48 с.
4. Chirikjian G. S. A binary paradigm for robotic manipulators // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation. 1994. Vol. 3. San Diego, California. P. 3063-3069.

5. McLean A., Cameron S. Path planning and collision avoidance for redundant manipulators in 3D // Intelligent Autonomous Systems / U. Rembold et. al., Ed. Karlsruhe, Germany: IOS Press, 1995. P. 381-388.
6. Yussupova N. I., Gonchar L. E., Shakhmametova G. R. About path planing for multi-links manipulators // Intelligent Autonomous Systems. Ufa-Karlsruhe, Russia: USATU, 1998. P. 72-79.
7. Yussupova N. I., Gonchar L. E., Shakhmametova G. R. Multi-links manipulators for manufacturing: Preprint of Advanced Summer Institute 99 "Life Cycle Approaches to Production Systems: Management, Control and Supervision". Leuven, Belgium. Sep. 1999. 2 p.
8. Yussupova N. I., Gonchar L. E., Rembold U. Path planning algorithm for a lot of mobil autonomous objects in unknown constrained environment // 16th IAARC/IFAC/IEEE Int. Symp. on Automation and Robotics in Construction (ISARC'99). Sept. 22-24, 1999. Madrid, Spain, 1999. P. 403-407.
9. Васильев В. И., Ильясов Б. Г. Интеллектуальные системы управления с использованием генетических алгоритмов: Учеб. пособие. Уфа: УГАТУ, 1999. 104 с.

**ОБ АВТОРЕ**

Шахмаметова Гюзель Радиковна, аспирантка кафедры вычислительной математики и кибернетики УГАТУ. Дипл. инженер по автоматизации и механизации процессов обработки и выдачи информации (УГАТУ, 1987). Стипендиат Президента РФ. Исследования в области интеллектуальных методов планирования траекторий избыточных манипуляторов.

УДК 165.0

**О ЕДИНСТВЕ И БОРЬБЕ ФИЛОСОФСКИХ ПРОТИВОПОЛОЖНОСТЕЙ  
В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ**

**Р. А. ЯРЦЕВ**

Факультет информатики и робототехники УГАТУ  
Тел: (3472) 23 78 23 E-mail: yartsev@asu.ugatu.ac.ru

Обсуждается проблема сравнительной оценки философских учений в современных условиях и для ее решения предлагаются семь критериев выбора

*Объективная истина; диалектический материализм; субъективный субстанциализм*

Предмет философии, как известно, выходит за пределы чувственного опыта, являющегося источником наиболее достоверной части человеческого знания, и, углубляясь в метафизику, мы неизбежно вторгаемся в область гипотез, ни одну из которых нельзя с достаточной уверенностью подтвердить или опровергнуть. Вот почему независимо мыслящий ученый-философ, вообще говоря, обладает большей свободой в своих теоретических построениях, нежели его собратья-специалисты по естественным наукам, занятые непосредственным обобщением эмпирических фактов в каждой отдельной предметной области. Это преимущество творческой свободы находит свое выражение в большом разнообразии конкурирующих друг с другом философских учений, тогда как

в сфере естествознания подобная картина не столь ярко выражена.

Обобщая, можно сказать, что плюрализм мнений в философии вытекает из характера самого предмета этой науки и, по-видимому, является необходимой предпосылкой ее успешного развития. Однако, говоря о философии как о науке, мы не вправе упускать из виду проблему сравнительной оценки различных учений и тесно связанной с ней вопрос об общественно значимых критериях выбора, в соответствии с которыми тому или иному философскому учению следовало бы отдавать предпочтение перед другими в тех или иных условиях, требующих решения определенного круга задач — практических или познавательных, — ибо в противном случае, увязнув в аморфном болоте