

Рис. 2. Бенчмарка с 98 вершинами

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Штовба С.Д. Муравьиные алгоритмы. – 2003.
2. Bonavear F., Dorigo M. Swarm Intelligence: from Natural to Artificial Systems. Oxford university Press. 1999.
3. Corne D., Dorigo M., Glover F. New Ideas in Optimization. McGraw-Hill. 1999.
4. <http://iridia.ulb.ac.be/dorigo/ACO/ACO.html>.
5. МакКоннелл Дж. Основы современных алгоритмов. – М.: Техносфера, 2004.
6. Гладков Л.А., Курейчик В.М., Курейчик В.В. Генетические алгоритмы. – Ростов-на-Дону: ООО «Ростиздат», 2004.
7. Kureichick V. M., Miagkikh V. V., Topchy A. P. Genetic Algorithm for Solution of the Traveling Salesman Problem with New Features against Premature Convergence.

УДК 321.3

В.В. Курейчик, П.В. Сороколетов

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭВОЛЮЦИИ В САПР*

Введение. В настоящее время предпринимаются попытки применить биологические аналоги при разработке и создании интеллектуальных искусственных систем принятия решений. При этом важнейшей проблемой является согласование концепций биологии, информационных технологий и искусственного интеллекта [1-4]. Моделирование развития и совершенствование природы позволяет найти новые пути построения новых систем принятия решений в САПР. Основным направлением здесь может выступить эволюционное моделирование [5-8]. Суть метода эволюции состоит в реализации целенаправленного процесса «размножения-исчезновения», при котором размножению соответствует появление новых объектов, а исчезновению – удаление объектов из процесса в соответствии с определенным критерием естественного отбора (или селекции) [5]. Построена архитектура поиска для принятия решений в нечётких и неопределённых условиях при проектировании изделий на основе нанотехнологий. При этом появляется возможность создавать комбинированные, гибридные алгоритмы, в которых осуществляется

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 06-01-00272, № 08-01-00473), РНП 2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238.

параллельная обработка информации, что особенно важно для электронных изделий нанометрового диапазона.

Математические модели эволюции. Изделия микроэлектроники в нанометровом диапазоне состоят из большого числа элементов и характеризуются «проклятием размерности». Это приводит к тому, что алгоритмы принятия решений имеют экспоненциальную сложность. Поэтому интегрированные алгоритмы на основе наноэлектроники, молекулярной биологии и информационных технологий позволяют создать принципиально новый класс алгоритмов принятия решений с полиномиальной временной сложностью. Для построения алгоритмов такого типа предлагается использовать бионические принципы и эволюционное моделирование [6-12].

Приведем математическую модель процесса эволюции, описанную Дульневым [9]. Рассмотрим систему, в которой изменение во времени некоторого параметра $q = \frac{dq}{dt}$ пропорционально величине этого параметра (q – число хромосом в популяции). Простейшее эволюционное уравнение имеет вид:

$$\frac{dq}{dt} = \alpha q. \quad (1)$$

Изменение во времени числа хромосом (альтернативных решений) в популяции зависит от величины α – скорости или характера изменения процесса эволюции. Решение уравнения (1) запишется:

$$q = q_0 e^{\alpha t}, \quad (2)$$

где q_0 – постоянная интегрирования, равная значению параметра q в начальный момент времени $t = 0$, величина α может быть ≥ 0 . Для синергетических систем вводят переменную $f(t)$, учитывающую случайные воздействия:

$$\frac{dq}{dt} = \alpha q + f(t). \quad (3)$$

В простейшем случае жизненный цикл состоит из двух стадий – молодость и зрелость. Если ограничиться этими двумя стадиями, то процесс моделируется следующими уравнениями [9]:

$$\frac{d}{dt} x(1,t) = b(2)x(2,t) - d(1)x(1,t) - D(1)x(1,t) - \Phi x(1,t), \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} x(2,t) = D(1)x(1,t) - d(2)x(2,t) - \Phi x(2,t),$$

где $b(2)$ – описывает процесс размножения, а также создание молодых клеток более зрелыми клетками; $d(i)$ – смертность; D – переход молодость-зрелость; Φ – разбавление потока для создания давления отбора [9].

На основе вышесказанного можно отметить, что на развитие эволюционных процессов влияет учет таких факторов, как возраст особей (альтернативных решений) и их смертность, внешние воздействия на популяцию. Следовательно, существует спектр путей развития, по которым может пойти эволюция. Недостатком этой модели является то, что возможный путь развития здесь определяет случайность.

Для математического описания индивидуального развития Маккендрик и фон Фёрстер разработали рекуррентную модель, в которой непрерывный процесс старения рассматривается как последовательность отдельных, изолированных актов [10, 11]. С математической точки зрения, речь идет о том, чтобы вывести систему

дифференциальных уравнений для функции плотности $x(t, r)$, описывающей – сколько особей возраста r существует в момент времени t . Рассмотрим такую систему в момент времени $t + \Delta t$. Число особей, которые к этому времени достигнут возраста r , равно числу особей, которые к моменту времени t достигли возраста $r - \Delta t$, за вычетом особей, умерших за интервал времени Δt . В результате получим:

$$x(t + \Delta t, r) = x(t, r - \Delta t) - D(x, t, r) \Delta t, \quad (5)$$

где $D(x, t, r)$ – гибель. Совершая предельный переход при $\Delta t \rightarrow 0$, приходим к дифференциальному уравнению:

$$\partial t \cdot x(t, r) + \partial r \cdot x(t, r) = \dots - D(x, t, r). \quad (6)$$

Важную роль в динамике системы играют процессы воспроизводства, характеризующиеся рождаемостью $B(x, t, r)$. Эта величина показывает, сколько потомков производят в момент времени t особи, достигшие возраста r . В качестве начального условия для уравнения (6) получаем:

$$x(t, 0) = \int_{-\infty}^0 dr B(x, t, r). \quad (7)$$

Оно дополняется заданием второго условия:

$$x(0, r) = \varphi(r). \quad (8)$$

Уравнения (5), (6) с начальными условиями (7), (8) задают модель Маккендрика-фон Фёрстера для популяции решений с возрастной структурой. Эта модель позволяет определить временную эволюцию функции плотности $x(t, r)$ по заданному начальному распределению $\varphi(r)$, если известны скорость воспроизведения и смертность. Процессы отбора в такой модели могут регулироваться с помощью различных механизмов [10, 11].

Опишем одномерную логистическую модель на примере оптимального управления размером популяции [10, 11]. Пусть динамика изолированной популяции описывается обыкновенным дифференциальным уравнением (логистическая модель):

$$\dot{x} = r \left(1 - \frac{x}{K} \right) x, \quad (9)$$

где $x = x(t)$ – численность популяции в момент времени t ; $r, K > 0$ – константы, которые характеризуют соответственно естественную скорость роста и максимальную численность популяции. При наличии внешних воздействий на популяцию (удаление части особей), получим управляемую логистическую модель [10, 11]:

$$\dot{x} = r \left(1 - \frac{x}{K} \right) x - qux, \quad (10)$$

где $u = u(t) \geq 0$ – интенсивность внешних воздействий, $q > 0$ – эффективность внешних воздействий.

При этом величина $Q = q \int_{t_1}^{t_2} u(t)x(t)dt$ равна числу удаленных особей в течение

отрезка времени $[t_1, t_2]$. Во многих случаях динамика численности популяции альтернативных решений адекватно описывается логистической моделью с сосредоточенным последствием [10, 11]. В этом случае для описания управляемой системы вместо (10) используется уравнение вида:

$$\dot{x} = r \left(1 - \frac{x(t-h)}{K} \right) x(t) - qu(t)x(t), \quad (11)$$

где $h > 0$ – среднее время, проходящее от момента рождения особи до момента ее созревания, когда данная особь начинает производить потомство.

Применение законов управления размером популяции дает возможность оптимизировать время нахождения лучшего решения, поэтому их влияние учитывается при разработке эволюционных алгоритмов.

Авторы считают важным объединение всех видов и моделей эволюций (Ч.Дарвина, Ж. Ламарка, Г. де Фриза, М. Кимуры, К. Поппера и др. [6, 7]), т.к. они являются строительными блоками алгоритмов нового класса. На рис. 1 приведена условная упрощенная интегрированная схема эволюции.

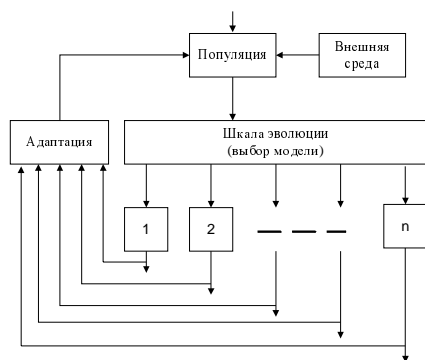


Рис. 1. Условная упрощенная интегрированная схема эволюции

Отметим, что блоки 1–n соответствуют моделям эволюции. Основным этапом в каждой модели эволюции является анализ популяции, ее преобразование тем или иным способом и эволюционная смена форм.

Приведем условную архитектуру поиска для принятия решений в нечётких и неопределённых условиях для проектирования изделий нанометрового диапазона (рис. 2).

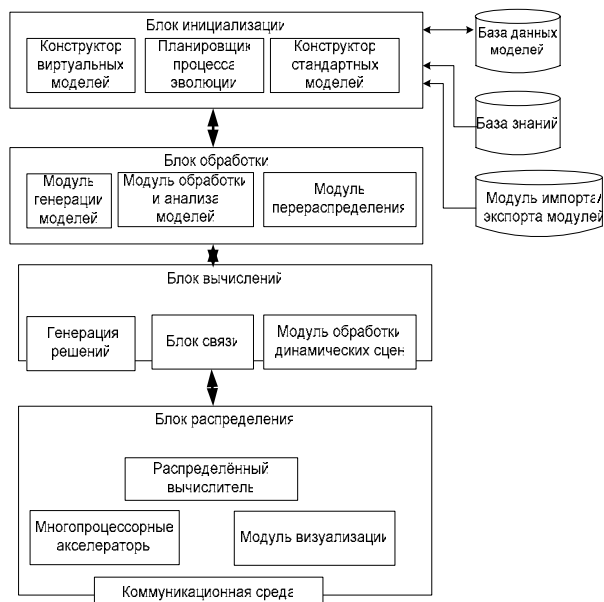


Рис. 2. Архитектура поиска для принятия решений в нечётких и неопределённых условиях

Она состоит из четырех основных блоков. В блоке инициализации производится выбор и построение моделей эволюции. В блоке обработки на основе выбранных моделей строится алгоритм поиска решений. Далее в блоке вычислений производится генерация альтернативных решений, построение целевой функции и выбор квазиоптимальных решений. В случае получения неудовлетворительных решений, в блоке распределения, производится распараллеливание процесса решения и реализация алгоритмов с помощью многопроцессорных систем.

Заключение. При использовании традиционных методов принятия решений все вычисления приходится начинать заново, что приводит к большим затратам машинного времени. При эволюционном подходе на основе описанных моделей популяцию можно анализировать, дополнять и видоизменять применительно к изменяющимся условиям, что повышает эффективность принятия решений в неопределенных условиях. Моделирование эволюции предоставляет алгоритмические средства для принятия решений. В общих чертах, эволюция описывается как многоступенчатый итерационный процесс, состоящий из случайных изменений и последующего отбора.

Объединение передовых направлений искусственного интеллекта, биологии и информационных технологий и нанонауки позволяет выработать новую эффективную стратегию принятия решений в неопределенных и нечетких условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рапопорт Г.Н., Герц А.Г. Искусственный и биологические интеллекты. Общность структуры, эволюция и процессы познания. – М.: Ком Книга, 2005.
2. Редько В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: модели и концепции эволюционной кибернетики. – М.: Ком Книга, 2005.
3. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. – М.: «Тайдекс Ко», 2003.
4. Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003.
5. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. – М.: Физматлит, 2006.
6. Practical Handbook of Genetic Algorithms. Editor I. Chambers. V.3, Washington, USA, CRC Press, 1999.
7. Дульнев Г.Н. Введение в синергетику. – СПб.: Изд-во «Проспект», 1998.
8. Колосов Г.Е. Об одной задаче управления численностью популяции // Изв. РАН. Теория и системы управления, № 2, 1995. – С.113-121.
9. Курейчик В.В., Сороколетов П.В., Хабарова И.В. Динамические генетические алгоритмы в системах поддержки, принятия решений. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006.
10. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под ред. М. Роко. Пер. с англ. – М.: 2002.

УДК 681.31

Ю.О. Чернышев, Н.Н. Венцов, Г.В. Демчук

АДАПТИРОВАННАЯ ЭВРИСТИКА ФОРМИРОВАНИЯ СТАРТОВОЙ ПОПУЛЯЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА, РЕШАЮЩЕГО ЗАДАЧУ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ПОРЯДКА СОЕДИНЕНИЯ ОТНОШЕНИЙ

Введение. Актуальность исследования обусловлена недостаточной эффективностью стандартных механизмов информационного обеспечения систем автоматизации проектирования (САПР). При построении эффективных механизмов доступа к информационным массивам большого объема и сложной структуры клю-