

Аналогично выглядят и сценарии бифуркаций в пространстве большей размерности. Исследования показали, что, например, в E^3 бифуркации в процессе роста одного из параметров λ_i ($i=1, 3$) происходят в направлении $D^3 \rightarrow D^2$ (существуют 3 аттрактора) $\rightarrow D^1$ (2 аттрактора), а затем происходит бифуркация одного из оставшихся седел $D^2 \rightarrow D^1$, после чего в фазовом пространстве существуют либо один, либо два аттрактора D^1 .

Проведенный анализ говорит о том, что в общем случае выполнение (8), (9) при $p=k$ является необходимым и достаточным условием существования D^k , необходимым условием существования D^{k-1} и достаточным условием существования D^{k+1} , кроме того, из (9) следует, что при $M \rightarrow \infty$ обеспечить существование D^M невозможно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Введение в синергетику. М.: Наука, 1990. 238 с.
2. Rummelhart D. E., McClelland J. L. Parallel distributed processing exploration in microstructure of cognition. Cambridge: MIT Press, 1986. 405 p.
3. Haken H. Synergetic computers for pattern recognition and associative memory// Computational systems, natural and artificial. Springer, Berlin-Heidelberg-NY, 1987. P. 2—22.
4. Haken H. Synergetic computers and cognition: A top-down approach to neural nets. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 340 p.

УДК 681.3:681.142

А. П. ВОРОНЦОВ, С. Г. ЖУРАВЛЕВ, М. ЛИ-ФАН

СИНТЕЗ ОПЕРАЦИОННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Предлагается метод исследования и решения дифференциальных уравнений с помощью операционных аналитических вычислительных устройств (АНВУС). Приводятся модели распознавания и вычисления дифференциальных уравнений и построения вычислительной структуры для конкретной задачи.

Для большой группы задач математического анализа, не сводящихся к табличным решениям, имеются алгебраические и аналитические методы решения, основанные на алгебраических и арифметических операциях.

Определенную трудность в анализе составляют исследования и решения интегродифференциальных уравнений. Для решения их существуют эффективные методы, приводящие дифференциальные уравнения к общим, частным и особым интегралам. Если проанализировать методы решения задач с точки зрения набора математических и логических операций, то можно обнаружить следующее: процедуры решения состоят из набора арифметических, алгебраических и логических операций.

Чтобы аналитические вычислительные устройства (АНВУС) могли проводить решения дифференциальных уравнений, им необходимо задать алгоритмы. Создание универсального алгоритма, объединяющего все методы решения, невозможно, поэтому следует алгоритмизировать каждый метод решения.

Под машинным «решением» задач анализа будем понимать распознавание образов, извлечение соответствующего алгоритма решения из

памяти и проведение необходимых арифметических вычислений. Но может возникнуть вопрос: нельзя ли из памяти извлекать готовые решения, тем более, их столько много, что, кажется, они охватывают все распространенные классы и разновидности задач [1]. Таким образом, по-видимому, оба метода — алгоритмическое решение и извлечение готового решения — найдут равноправные применения в развитии АНВУС.

Как было отмечено в [2], каждая аналитическая задача характеризуется индивидуальными признаками, выраженными через векторы $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$. С учетом этого проведем синтез АНВУС. Под синтезом операционных АНВУС понимается составление алгоритмов или моделей распознавания и вычисления дифференциального уравнения и построение вычислительной структуры. Синтез АНВУС покажем на примере.

Пусть задано дифференциальное уравнение вида

$$A_1 y' + A_2 y = R(x). \quad (1)$$

Требуется провести синтез АНВУС для решения (1).

Решение. Введем для всех членов дифференциального уравнения (1) следующие характеристические обозначения (коды):

$$\begin{aligned} |\vec{a}_1| &= \text{const}, \quad |\vec{a}_2| = A_1, \quad |\vec{a}_3| = y', \\ |\vec{a}_4| &= „+”, \quad |\vec{b}_1| = \text{const}, \quad |\vec{b}_2| = A_2, \\ |\vec{b}_3| &= y, \quad |\vec{b}_4| = „=”. \quad |\vec{c}_1| = R(x), \\ |\vec{c}_2| &= \text{«конец»}. \end{aligned}$$

Исключим из общего процесса распознавания образа дифференциального уравнения распознавание признаков $\vec{a}_2$ и $\vec{b}_2$, так как они многовариантны.

Составим алгоритм решения задачи (1) в формализованном виде, в форме, доступной для восприятия машиной:

$$\begin{aligned} &((|\vec{a}_1| \wedge |\vec{a}_3|) \wedge |\vec{a}_4|) : a \rightarrow \\ &((|\vec{b}_1| \wedge |\vec{b}_3| \wedge |\vec{b}_4|) := B \rightarrow (|\vec{c}_1| \wedge |\vec{c}_3|) : = \\ &c \rightarrow ((a \wedge b) \wedge c) : O \Rightarrow \\ &(-A_1 : A_1) : = p. \\ &p \sim \alpha \rightarrow (Y : = xR^*(a, b, c, x) \wedge (p = \alpha) \rightarrow \\ &\rightarrow (Y : = R^*(a, b, c, x) \wedge (p \neq \alpha) \rightarrow \\ &(x \cdot R^*(a, b, c, x))' \rightarrow A_1 \cdot (x \cdot R^*(a, b, c, x))' = \\ &\alpha(a, b, c, x) \rightarrow (R^*(a, b, c, x))' \rightarrow \\ &A_1(R^*(a, b, c, x))' = x(a, b, c, x) \rightarrow \\ &A_2 \cdot (x \cdot R^*(a, b, c, x)) : = \beta(a, b, c, x) \rightarrow \\ &\alpha + \beta \rightarrow A_2 \cdot (R^*(a, b, c, x)) : \delta(a, b, c, x) \rightarrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \gamma + \delta \dashv \vdash (a = ?) \wedge (\alpha + \beta) = R(x) \dashv \vdash \\
& (b = ?) \wedge (\alpha + \beta) = R(x) \dashv \vdash (a = ?) \wedge (\gamma + \delta) = \\
& R(x) \dashv \vdash (b = ?) \wedge (\gamma + \delta) = R(x) \quad \gamma \dashv \vdash \\
& (c = ?) \wedge (\alpha + \beta) R(x) \dashv \vdash R^*(a, b, c, x) : = \\
& R^*(a, b, c, x) \dashv \vdash (c = ?) \wedge (\gamma + \delta) = \\
& R(x) \dashv \vdash R^*(a, b, c, x) : = R^*(a, b, c, x) \dashv \vdash \\
& Y : = x \cdot R^*(a', b', c', x) \\
& Y = R^*(a', b', c', x).
\end{aligned} \tag{2}$$

В (2) приняты следующие условности и обозначения: $R(x)$ отличается от $R(x)$ тем, что числовые коэффициенты при степенях x заменены буквенными: a, b, c ; $(a = ?) \wedge (\alpha + \beta) = R(x)$ — выражает операцию вычисления a из условия равенства $(\alpha + \beta) = R(x)$; $b = ?$; $c = ?$ — имеют тот же смысл, что $a = ?$; $R^*(a, b, c, x)$ — отличается от $R^*(a, b, c, x)$ тем, что a', b', c' — числовые значения для символов a, b, c соответственно.

Выражение (2) является основой для синтеза АНВУС применительно к задаче (1).

Множество алгебраических и аналитических задач характеризуется множеством специфических решений, и строить вычислительную структуру под каждую задачу совершенно нецелесообразно, поэтому АНВУС должно быть универсальным. Под универсальностью вычислительной структуры понимается способность выполнять любые операции машинной арифметики, алгебры и анализа, которая обеспечивается необходимым набором команд, позволяющим составлять множество алгоритмов и программ решений. Иными словами, универсальное АНВУС должно сочетать функции арифметического и алгебраического процессов, а также функции матричных аналитических устройств. Арифметические процессоры достаточно широко освещены в литературе по алгебраическим [3, 4] и аналитическим устройствам [2—4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Наука, 1971. 576 с.
2. Бекмуратов Т. Ф., Журавлев С. Г., Ли-Фан М. Матричные аналитические вычислительные структуры. Проблемы информатики и энергетики. № 2. Ташкент: ФАН, 1993. С. 3—7.
3. Журавлев С. Г., Ли-Фан М. Принципы и методы синтеза алгебраических и аналитических устройств. Ташкент: ФАН, 1989. 92 с.
4. Ли-Фан М., Нафасов А. Синтез обобщенного алгебраического устройства // Проблемы и опыт внедрения АСУ в энергетике на основе микропроцессорной техники: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. Ташкент: ФАН, 1991. С. 28—30.