

В. И. Шинкаренко, К. В. Литвиненко, Р. Р. Чигирь,
А. А. Жадан

Вариативность уточняющих преобразований конструктивно-продукционного моделирования

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна, Днепр, Украина.

Применяя один из базовых принципов научных исследований – от частного к общему, а затем от общего к частному, в [1],[2] выполнено обобщение возможностей и особенностей различных модификаций грамматик и грамматико-подобных систем. В результате имеем обобщенный конструктор (ОК) – средство конструирования:

$$C_G = \langle M, \Sigma, \Lambda \rangle,$$

где M – неоднородный расширяемый носитель структуры, Σ – сигнатура, состоящая из множеств операций связывания, подстановки и вывода, операций над атрибутами и отношения подстановки, Λ – информационное обеспечение конструирования, которое включает онтологию, цели, правила и ограничения конструирования. Онтология ОК в неформальном виде представлена в [2].

Цели конструктивно-продукционного моделирования могут заключаться в формировании, преобразовании и анализе конструкций с помощью операций связывания, подстановки, вывода и др. операций, задаваемых правилами.

Особенностями конструктивно-продукционного моделирования являются: атрибутивность элементов и операций, расширяемый носитель, модель исполнителя в виде его базовых алгоритмов, связь операций с алгоритмами их выполнения.

Отталкиваясь от общего удалось решить ряд честных задач:

- адаптации алгоритмов сжатия к архивируемым данным [3];
- совершенствования процесса ранжирования альтернатив методом анализа иерархий [4];
- адаптации структур данных в оперативной памяти [5];
- совершенствование структур хранения данных в задачах выявления плагиата [6];
- рационального распределения энергии рекуперации тяги постоянного тока [7].

Для формирования конструкций выполняется ряд уточняющих преобразований:

- специализация определяет предметную область: семантическую природу носителя, конечное множество операций и их семантику, атрибутику операций, порядок их выполнения и ограничения на правила подстановки $C_G S \mapsto S C$;
- интерпретация заключается в связывании операций сигнатуры с алгоритмами выполнения некоторой алгоритмической структуры C_A [8], что связывает информационную модель способа построения конструкций с модели исполнителя
 $\langle S C, C_A \rangle_I \mapsto S, I C$;
- конкретизация конструктора заключается в расширении аксиоматики множеством правил продукций, задании конкретных множеств нетерминальных и терминальных символов с их атрибутами и, при необходимости, значений атрибутов
 $S, I C_K \mapsto S, I, K C$;
- реализация конструктора заключается в формировании множества конструкции Ω из элементов носителя конструктора путем выполнения алгоритмов, связанных с операциями сигнатуры $S, I, K C_R \mapsto S, I, K, R C \mapsto \Omega$.

В работах [3], [4], [5], [6], [7] уточняющие преобразования выполняются именно в такой последовательности:

$$C_G S \mapsto S C \mapsto \langle S C, C_A \rangle_I \mapsto S, I C_K \mapsto S, I, K C_R \mapsto S, I, K, R C$$

Как оказалось такой подход не является единственно возможным и необходимым. Вариативность порядка применения уточняющих преобразований приводит к достаточно интересным результатам.

Рассмотрим случай с множественностью интерпретаций, демонстрирующий связь между конструкциями и конструктивными процессами, обладающими свойством фрактальности [9] – самоподобия:

$$C_G = \langle M_G, \Sigma_G, \Lambda_G \rangle_K \mapsto K C = \langle M_K, \Sigma_K, \Lambda_K \rangle_S \mapsto$$

$$S \mapsto \begin{cases} K, S_1 C = \langle M_{S_1}, \Sigma_{S_1}, \Lambda_{S_1} \rangle \mapsto \langle K, S_1 C, C_A \rangle \mapsto I \mapsto \\ \quad K, S_1, I_1 C = \langle M_{I_1}, \Sigma_{I_1}, \Lambda_{I_1} \rangle \mapsto R \mapsto K, S_1, I_1, R_1 C \mapsto \Omega_1; \\ K, S_2 C = \langle M_{S_2}, \Sigma_{S_2}, \Lambda_{S_2} \rangle \mapsto \langle K, S_2 C, C_A \rangle \mapsto I \mapsto \\ \quad K, S_2, I_2 C = \langle M_{I_2}, \Sigma_{I_2}, \Lambda_{I_2} \rangle \mapsto R \mapsto K, S_2, I_2, R_2 C \mapsto \Omega_2; \\ K, S_3 C = \langle M_{S_3}, \Sigma_{S_3}, \Lambda_{S_3} \rangle \mapsto \langle K, S_3 C, C_A \rangle \mapsto I \mapsto \\ \quad K, S_3, I_3 C = \langle M_{I_3}, \Sigma_{I_3}, \Lambda_{I_3} \rangle \mapsto R \mapsto K, S_3, I_3, R_3 C \mapsto \Omega_3. \end{cases}$$

Пусть носитель M_K конструктора $K C$ содержит терминалы $\{f, z, y, x\} \in M_K$ и атрибуты конструирования $\{M_x, dM_x, D_x, \alpha, \alpha t\}$; сигнатура – операций $\{+, -\} \in \Sigma_K$; информационное обеспечение Λ_K включает:

- онтологию из Λ_G , дополненную онтологией L-систем [2], [9];
- правила конструирования: аксиому fz , правила подстановки $y \rightarrow fz - y$ и $z \rightarrow z + yf +$;
- ограничения: $n = 8, \alpha = 90, \alpha t = 90, M_x = 1, dM_x = 0, D_x = 0$;
- цель: формирование конструкций и конструктивных процессов.

Рассмотрим первый вариант специализации, интерпретации и реализации $K, S_1 C = \langle M_{S_1}, \Sigma_{S_1}, \Lambda_{S_1} \rangle \mapsto \langle K, S_1 C, C_{A_1} \rangle \mapsto I \mapsto K, S_1, I_1 C = \langle M_{I_1}, \Sigma_{I_1}, \Lambda_{I_1} \rangle \mapsto R \mapsto K, S_1, I_1, R_1 C \mapsto \Omega_1$ – конструктор мультисимвольных цепочек.

Специализация: онтологию в Λ_{S_1} дополним семантикой элементов носителя и операций. Их значениями являются изображения соответствующих символов $\{f, z, y, x, +, -\}$.

Интерпретация дополняет онтологию связями операций и терминалов с соответствующими алгоритмами их реализации (нотация [8]):

$(A_j |_{\uparrow}^{\uparrow} \leftarrow \leftarrow +), (A_j |_{\downarrow}^{\downarrow} \leftarrow \leftarrow -), (A_j |_{\uparrow}^{\uparrow} \leftarrow \leftarrow f), (A_j |_{\downarrow}^{\downarrow} \leftarrow \leftarrow y), (A_j |_{\downarrow}^{\downarrow} \leftarrow \leftarrow z)$. Будем считать, что алгоритмическая структура C_A имеет все необходимые базовые алгоритмы и алгоритм A_i , который строит изображение входного символа.

Реализация заключается в параллельном выполнении подстановок:

$$\begin{array}{l} n=0 \quad f \quad x \\ n=1 \quad f \quad \overbrace{x \quad + \quad y} \quad f+ \\ n=2 \quad f \quad \overbrace{x \quad + \quad y \quad f^{++} \quad f} \quad \overbrace{x \quad - \quad y} \quad f+ \\ n=3 \quad \overbrace{fx+yf^{++}} \quad \overbrace{-fx-yf^{++}} \quad \overbrace{-fx-yf^{++}} \quad \overbrace{-fx-yf^{++}} \quad f+ \end{array}$$

В результате реализации получаем мультисимвольную конструкцию из 1022 символов: $(fz + yf + + - fz - yf + + \dots - fz - yf +) \in \Omega_1$, которая обладает свойством самоподобия, что наглядно представлено процедурой её формирования.

Второй вариант уточняющих преобразований позволяет моделировать фрактальные временные ряды с постоянным шагом.

Специализация: f – указатель необходимости вычисления значения временного ряда, z, y – не имеют значения, операции $+, -$ изменяют значение M_x на величину dM_x .

Интерпретация: $(A_k |_{M_x, D_x, i}^{\tilde{x}(t_i), i} \leftarrow f), (A_{k+1} |_z^{\circ} \leftarrow z), (A_{k+2} |_y^{\circ} \leftarrow y), (A_{k+3} |_{M_x, dM_x}^{M_x} \leftarrow +), (A_{k+4} |_{M_x, dM_x}^{M_x} \leftarrow -)$, где A_k – выдает нормально распределенное случайное значение временного ряда $x(t_i)$ с матожиданием M_x и дисперсией D_x и увеличивает счетчик i на единицу, A_{k+1}, A_{k+2} – пустые алгоритмы, A_{k+3}, A_{k+4} – увеличивают и уменьшают (соответственно) M_x на величину dM_x .

Реализацией является временной ряд представленный в табл.1 (строка 1).

Третий вариант уточняющих преобразований позволяет моделировать известный фрактал – дракон Хартера-Хейтуэя [10] со стохастическими шумами.

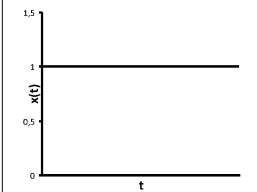
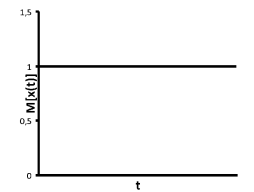
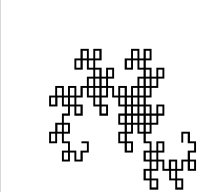
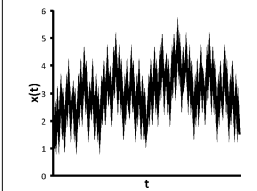
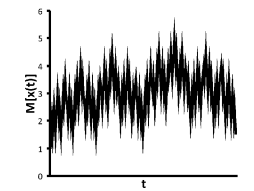

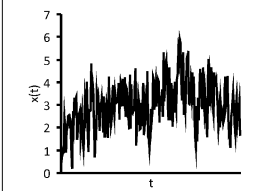
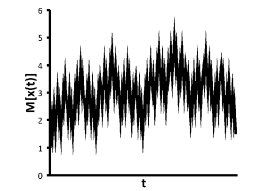

Специализация: f – указатель необходимости отображения отрезка, z, y – не имеют значения, операции $+, -$ изменяют значение M_x на величину dM_x и α на αt .

Интерпретация: $(A_l |_{M_x, D_x, \alpha}^{\tilde{f}} \leftarrow f), (A_{l+1} |_z^{\circ} \leftarrow z), (A_{l+2} |_y^{\circ} \leftarrow y), (A_{l+3} |_{M_x, dM_x, \alpha, \alpha t}^{M_x, \alpha} \leftarrow +), (A_{l+4} |_{M_x, dM_x, \alpha, \alpha t}^{M_x, \alpha} \leftarrow -)$, где A_l – вырисовывает отрезок начиная с текущей точки, длина которого – случайная, нормально распределенная величина с матожиданием M_x и дисперсией D_x под углом αt , A_{l+1}, A_{l+2} – пустые алгоритмы, A_{l+3}, A_{l+4} – увеличивают и уменьшают (соответственно) M_x на величину dM_x и α на величину α .

Реализацией является детерминированное изображение дракона в табл.1 (строка 1).

Первая строка таблицы соответствует ограничениям специализированного конструктора $M_x = 1, dM_x = 0, D_x = 0$, вторая – $M_x = 1, dM_x = 0,5, D_x = 0$ и третья – $M_x = 1, dM_x = 0,5, D_x = 0,5$. Первый и второй случай соответствует детерминированному временному ряду и дракону, третьей – стохастическим. Все приведенные реализации обладают свойством фрактальности.

Таблица 3: Реализации второго и третьего вариантов уточняющих преобразований

Временной ряд $x(t_i)$	Матожидание $M[x(t_i)]$	Фрактал – дракон
		
		
		

Выводы. Предложенная вариативность уточняющих преобразований конструктора позволяет формализовать детерминированное и стохастическое взаимодозначное соответствие между конструкциями и/или конструктивными процессами различной природы. Что очень важно в области программирования для установления связи между программой и процессом ее выполнения.

- [1] Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционные структуры и их грамматические интерпретации. I. Обобщенная формальная конструктивно-продукционная структура. / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — №5. — С.8-16.
- [2] Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционные структуры и их

- грамматические интерпретации. II. Уточняющие преобразования / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — № 6. — С. 15-28.
- [3] *Шинкаренко В. И.* Моделирование процесса адаптации алгоритмов сжатия средствами конструктивно-продукционных структур / В. И. Шинкаренко, Т. Н. Васецкая // Кибернетика и системный анализ. — 2015. — № 6. — С. 19-34.
- [4] *Шинкаренко В. И.* Моделирование процесса ранжирования альтернатив методом анализа иерархий средствами конструктивно-продукционных структур / В. И. Шинкаренко, Т. Н. Васецкая // Математичні машини та системи. — 2016. — № 1. — С. 39-47.
- [5] *Шинкаренко В. И.* Конструктивная модель адаптации структур данных в оперативной памяти. ЧАСТЬ I. Конструирование текстов программ / В. И. Шинкаренко, Г. В. Забула // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — 2016. — № 1 (61) — С. 109-121.; ЧАСТЬ II. Конструкторы сценариев и процессов адаптации. — 2016. — № 2 (62) — С. 88-97.
- [6] *Шинкаренко В. И.* Конструктивно-продукционная модель графового представления текста / В. И. Шинкаренко, Е. С. Куропятник // Проблеми програмування. — 2016. — № 2-3. — С. 63-72.
- [7] *Шинкаренко В. И.* Конструктивное моделирование зоны распределения энергии рекуперации тяги постоянного тока / В. И. Шинкаренко, О.И. Саблин, А.П. Иванов // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — 2016. — № 5 (65) — С. 125-135.
- [8] *Шинкаренко В. И., В. М. Ильман, В. В. Скалозуб.* Структурные модели алгоритмов в задачах прикладного программирования Часть I. Формальные алгоритмические структуры // Кибернетика и системный анализ. — 2009. — № 3. — С. 3-14.
- [9] *Lindenmayer A.* Mathematical models for cellular interaction in development. Parts I and II. / A. Lindenmayer // Journal of Theoretical Biology, — 1968. — V. 18. — С. 280 — 315.
- [10] *Божокин С.В.* Фракталы и мультифракталы / С.В. Божокин, Д.А. Паршин. — М., Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика — 2001. — 128с.

E-mail: ✉ author_shinkarenko_vi@ua.fm.