

МОДЕЛЬ ОПЕРАТОРА КАСКАДНОГО УДАЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ В СЕМАНТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Предлагается формальная модель каскадного удаления *sc*-элементов в *sc*-памяти *ostis*-систем на основе теоремы Кнастера–Тарского.

Введение

В Платформе OSTIS реализуется общая семантическая память, организованная в виде конечного набора сегментов [1]. Она обеспечивает хранение *sc*-элементов и операции создания, чтения и удаления *sc*-конструкций.

При модификации *sc*-памяти требуется формальная модель каскадного удаления *sc*-элементов. Цель работы — задать такой оператор для общей *sc*-памяти *ostis*-систем.

I. Оператор каскадного удаления

Рассматривается конечное множество актуальных *sc*-элементов A_{occ} : *sc*-узлов, *sc*-коннекторов и файлов *ostis*-системы [1]. Пусть β и ϵ задают исходящий и входящий *sc*-элементы для ориентированного *sc*-коннектора, а отображение ψ сопоставляет *sc*-элементу $a \in A_{occ}$ множество инцидентных ему *sc*-коннекторов: $\psi(a) \subseteq A_{occ}$, $a \in A_{occ}$.

Оператор $\Phi : \mathcal{P}(A_{occ}) \rightarrow \mathcal{P}(A_{occ})$ есть

$$\Phi(D) = D \cup \bigcup_{a \in D} \psi(a). \quad (1)$$

Итерации оператора Φ описывают распространение удаления по инцидентным *sc*-коннекторам и формируют каскадное расширение множества удаляемых *sc*-элементов.

II. Неподвижная точка оператора

Множество $(\mathcal{P}(A_{occ}), \subseteq)$ является полной решёткой по включению [1].

Лемма. Оператор Φ монотонен: если $D_1 \subseteq D_2$, то $\Phi(D_1) \subseteq \Phi(D_2)$.

Идея доказательства. Из $D_1 \subseteq D_2$ следует включение объединений $\bigcup_{a \in D_1} \psi(a) \subseteq \bigcup_{a \in D_2} \psi(a)$, откуда следует $\Phi(D_1) \subseteq \Phi(D_2)$.

Теорема 1. Для любого $D_0 \subseteq A_{occ}$ существует единственное каскадное замыкание

$$cascade(D_0) = \text{lfp}_{D \supseteq D_0}(\Phi).$$

Идея доказательства. По теореме Кнастера–Тарского монотонный оператор на полной решётке имеет наименьшую неподвижную точку [2-3]. Для учёта D_0 вводится оператор

$$\Phi_{D_0}(D) = D_0 \cup \Phi(D),$$

который также монотонен; его наименьшая неподвижная точка принимается за $cascade(D_0)$.

III. Конечная вычислимость

Множество A_{occ} конечно благодаря конечному числу сегментов *sc*-памяти и ограничению числа элементов в каждом сегменте [3].

Следствие. При $|A_{occ}| < \infty$ существует $k \leq |A_{occ}|$ такое, что

$$\Phi^k(D_0) = \Phi^{k+1}(D_0) = cascade(D_0). \quad (2)$$

Идея доказательства. Последовательность $D_n = \Phi^n(D_0)$ монотонно неубывающая по включению и состоит из подмножеств A_{occ} ; поэтому она стабилизируется за конечное число шагов.

IV. Сохранение инварианта

Для любого актуального *sc*-коннектора $a_c \in A_{occ}$ с типом из $\mathcal{T}_c$ его инцидентные *sc*-элементы $\beta(a_c)$ и $\epsilon(a_c)$ также принадлежат A_{occ} [3].

Теорема 2. После операции *release* для всех *sc*-элементов $D^* = cascade(\{a\})$.

Идея доказательства. Предположение о существовании *sc*-коннектора $a_c \in A_{occ} \setminus D^*$, ссылающегося на *sc*-элемент из D^* , приводит к включению a_c в $\Phi(D^*)$ и, следовательно, в D^* , что противоречит выбору a_c .

Заключение

Модель каскадного удаления на основе теоремы Кнастера–Тарского гарантирует существование и конечную вычислимость каскадного замыкания и сохранение структурных инвариантов *sc*-памяти.

Список литературы

1. Zotov N. A Formal Model of Shared Semantic Memory for Next-Generation Intelligent Systems / N. Zotov // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems : сборник научных трудов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков [и др.]. – Минск, 2024. – Вып. 8. – С. 63–78.
2. Knaster B., Tarski A. Untersuchungen über gewisse Ordnungen // Fundamenta Mathematicae. – 1928. – Vol. 12. – P. 201–279
3. Park S. Generalizations of the Tarski type fixed point theorems // Nonlinear Convex Analysis and Optimization: An International Journal on Numerical, Computation and Applications. – 2022. – T. 1. – № 2. – С. 161–175.

Зотов Никита Владимирович, аспирант, кафедра ИИТ БГУИР, n.zotov@bsuir.by

Научный руководитель: Голенков Владимир Васильевич, д-р. техн. наук, профессор кафедры ИИТ, golen@bsuir.by