

свойств, связей, а также закономерностей функционирования.

Причем при задании каждого тензора посредством множества индексов с ним ассоциируются определенные группы преобразований, с помощью которых определяется множество допустимых представлений данного тензора.

Особенность предлагаемого подхода заключается в том, что в общем случае во множество  $T_{MS}$  входят совокупности величин, группы преобразования которых с точки зрения приложений не являются конструктивными. Примерами таких групп являются перестановки и переименования. Наряду с этим в множестве  $T_{MS}$  выделяются совокупности величин, закон преобразования которых при переходе к другой системе координат не является линейным. В этом случае закон преобразования такой совокупности фиксируется в системе аксиом тензорной теории ПО. В случае неконструктивных групп преобразования считается, что преобразование координат не производится, а соответствующие индексы являются закрытыми.

Во множестве  $T_{MS}$  выделяются два непересекающихся подмножества:  $T_{MS}^{ob}$  – подмножество тензоров, с помощью которых непосредственно описываются объекты ПО, их свойства и связи;  $T_{MS}^0$  – подмножество нулевых тензоров (которые представляются нулевыми матрицами во всех допустимых системах координат). Тензоры из этого подмножества определяются как функции над множеством  $T_{MS}^{ob}$  и являются формой выражения закономерностей ПО. Эти тензоры строятся на основании системы аксиом и теорем тензорной теории ПО. В это подмножество входят также тензоры, которые являются представлениями процессов, протекающих в ПО, т. к. любой процесс является как полноправным объектом ПО, так и закономерностью ее функционирования.

Использование для описания закономерностей ПО такой формы, как равенство тензора нулю, обеспечивает общность представления и достигается благодаря тому, что любую ППФ (уравнение) языка модели ПО можно привести к виду уравнения с нулевой правой частью. Непосредственная работа на уровне модели ПО ведется с внешней моделью ПО, которая определяется как подмножество модели ПО. Внешних моделей может быть определено любое необходимое количество, а сама модель ПО также может являться внешней моделью ПО.

Следующим уровнем, который ориентирован на отображение даталогических аспектов информационного моделирования ПО, является уровень модели данных. В качестве базового на этом уровне может использоваться любой из существующих формализмов. Его выбор определяется приложениями. Однако в большинстве случаев это приводит к потере эффективности и наглядности. Такого не происходит при использовании тензорной модели данных, так как ее выразительными средствами наиболее естественным образом отображаются основные конструкции модели ПО.

Тензорная модель данных определяется как совокупность:

$$TMD = \langle I_D, T_D \rangle,$$

где  $I_D$  – множество индексов, которые, как и в модели ПО, определяют точку зрения, но уже разработчика модели данных;

$T_D^*$  – множество тензоров, которые являются описаниями представлений объектов, их параметров и связей на даталогическом уровне, а также определяют множество допустимых преобразований этих представлений.

Наряду с этим с помощью ППФ языка тензорной модели данных на этом уровне отображаются подмножества нулевых тензоров из модели ПО. Эти ППФ описывают процедуры БД, которые позволяют проверять выполнимость равенства нулю компонент тензора, описанного как нулевой, для каждого конкретного состояния БД.

Основные отличия уровня тензорной модели данных от уровня модели ПО заключаются в следующем:

- представление тензорной модели данных относится ближе к тому, как данные организованы, а не к тому, что они описывают в конкретной модели ПО;
- на уровне тензорной модели данных окончательно задаются форматы, типы данных, а также методы организации данных в матричные совокупности;
- компоненты матриц одинаковой валентности, построенных на одинаковых множествах индексов, группируются для дальнейшего совместного отображения в структуры внутреннего уровня, что обеспечивает эффективность организации и работы с данными на внутреннем уровне;
- множество операций в языке тензорной модели данных является подмножеством операций модели ПО, т. к., например, операции дифференцирования и интегрирования, определенные на уровне модели ПО, не имеют непосредственных аналогов на уровне модели данных.

База данных, структура которой построена в соответствии со схемой конкретной тензорной модели данных, называется тензорной базой данных.

*Статья написана по материалам доклада на Нобелевском конгрессе – 11 Международной встречи-конференции лауреатов Нобелевских премий и нобелистов «Наука, технологии, общество и Международное Нобелевское движение», которая состоялась в Тамбове (Россия) с 24 по 28 октября 2017 года.*

#### Список литературы

1. Тихонов А.Н., Цветков В.Я. *Методы и системы поддержки принятия решений*. М.: МАКС Пресс, 2001. 312 с.
2. Громов Ю.Ю., Иванова О.Г., Алексеев В.В. *Интеллектуальные информационные системы и технологии: учебное пособие*. Тамбов: изд-во ТГТУ, 2013. 244 с.
3. Громов Ю.Ю., Дидрих И.В., Иванова О.Г., Ивановский М.А., Однолько В.Г. *Информационные технологии: учебник*. Тамбов: изд-во ТГТУ, 2015. 260 с.
4. Громов Ю.Ю., Дидрих И.В., Иванова О.Г., Однолько В.Г. *Теория информационных процессов и систем: учебник*. Тамбов: изд-во ТГТУ, 2014. 172 с.