

этих пространств, а также в необходимости подчинения системы величин, представляющей тензор в конкретной системе координат, линейному закону преобразования. На основании того, что всякое преобразование координат локально-линейно, в область применения тензорного анализа входят (наряду с линейными) и нелинейные пространства.

Введение этих ограничений повышает мощность аппарата тензорного анализа и удобство работы с ним. Действительно, если известно, что система функций представляет тензор в конкретной системе координат и задана группа преобразований данной системы координат, то соответственно будет известен закон преобразования тензора, т.е. процедура определения представления тензора в любой другой допустимой системе координат при выполнении первых двух условий всегда строго определена. Этот факт является тем ключевым моментом, из которого вытекают все преимущества использования тензоров.

Во-первых, измерив некоторую величину (систему величин) в одной системе координат, можно получить значение этой величины (системы величин) в любой другой допустимой системе координат, для которой определено преобразование.

Во-вторых, получив измерения одной величины в различных системах координат, можно сравнивать эти измерения, проверяя их корректность и достоверность.

В-третьих, следствием линейности закона преобразования тензора является тот факт, что тензор, представленный в какой-либо системе координат нулевой матрицей, во всех остальных системах координат также будет представляться нулевой матрицей. Поэтому, равенство тензора нулю представляет собой одну из типичных форм записи физической или геометрической теоремы.

В-четвертых, однажды установленные тензорные уравнения верны для бесконечного числа систем координат, и необходимость их повторной установки отпадает.

В-пятых, установив систему инвариантных объектов (не изменяющихся относительно соответствующих групп преобразований систем координат), можно получить формулы преобразований величин, участвующих в определении этих инвариантов, а на основании уже установленных инвариантов с помощью операций тензорной алгебры можно выводить производные инварианты.

Наконец, задание групп преобразований тензоров является формой выражения ограничений целостности, связанных с определением множеств допустимых представлений тензоров.

Все вышеперечисленные прикладные аспекты использования тензорного анализа становятся значимыми лишь в случае корректного построения тензоров. Не для любого ПО можно построить описание в терминах тензоров, а иногда в этом просто нет необходимости. Но в том случае, когда тензорное описание ПО построено, появляются соответствующие преимущества.

Предлагаемый подход к информационному моделированию ПО с использованием БД основывается на построении многоуровневого тензорного описания ПО, которое при переходе с уровня на уровень определенным образом трансформируется. При этом для построения

описаний на каждом уровне используется соответствующий язык, созданный на основе тензорного исчисления.

Самым верхним уровнем описания ПО является уровень тензорной теории ПО. Данный уровень обозначим как TTS и определим как совокупность:

$$TTS = \langle L_{TTS}, A_{TTS}, R_{TTS} \rangle,$$

где: L_{TTS} – язык тензорной теории ПО, в качестве которого используется вариант языка тензорного исчисления, а правильно построенные формулы (ППФ) этого языка используются для определения различных аспектов функционирования ПО;

A_{TTS} – система аксиом (подмножество ППФ), с помощью которых задается система инвариантных объектов ПО и тем самым фиксируются закономерности функционирования этого ПО;

R_{TTS} – множество правил вывода тензорной теории ПО, позволяющих определять корректность новых закономерностей ПО, выраженных новыми ППФ, а также формулировать теоремы тензорной теории ПО, которые наряду с аксиомами теории задают множества допустимых состояний ПО и множества переходов из одного состояния в другое.

Основное требование к тензорной теории ПО заключается в том, что она должна быть построена как наиболее точное и адекватное описание ПО, а основным назначением является формирование на основе системы аксиом и правил вывода множества теорем, которые являются формой выражения закономерностей развития ПО, и вместе с системой аксиом позволяют делать предсказания относительно дальнейшего функционирования этого ПО. На основании того, какие предсказания можно делать с помощью конкретной тензорной теории ПО, оценивается полезность и конструктивность теории.

На следующем уровне для описания используется формализм модели ПО. Модель строится на основе описания ПО, сделанного в рамках тензорной теории, но с той разницей, что вместо аксиом и теорем в модели используются соответствующие ограничения. Потому тензорная теория ПО рассматривается как средство определения последствий от различных воздействий на ПО с качественной точки зрения, а модель ПО – как средство определения конкретных изменений состояния ПО с количественной точки зрения.

С помощью языка модели ПО, в который включены как средства описания тензорных совокупностей, так и средства манипулирования ими, описываются объекты и их свойства, а также процессы, функционирующие в ПО. Модель определяется следующим образом:

$$MS = \langle I_{MS}, T_{MS} \rangle,$$

где: I_{MS} – множество индексов (множество систем координат), с помощью которых фиксируется понятийный базис разработчиков модели, в терминах которого будет описываться ПО;

T_{MS} – множество тензоров, посредством которых фиксируется описание множества объектов ПО, их