УДК 004.67

ТЕНЗОРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ. ТЕНЗОРНЫЕ РАЗЛОЖЕНИЯ

TENSOR TRANSFORMATION FOR THE SIMULATION OF ELECTRONIC CIRCUITS. TENSOR DECOMPOSITIONS

Е.П.ГАВРИЛОВ – бакалавр, Институт информационных технологий и радиоэлектроники, кафедра ВТиСУ, группа ВТ-116, E-mail: gep1998@mail.ru

В.Н.ЛАНЦОВ – научный руководитель, д.т.н., Институт информационных технологий и радиоэлектроники, кафедра ВТиСУ, E-mail: lantsov@vlsu.ru

E.P.GAVRILOV – bachelor's degree, Vladimir state university, E-mail: gep1998@mail.ru

V.N.LANTSOV – doctor of technical sciences, Vladimir state university, E-mail: lantsov@vlsu.ru

Аннотация: Описана форма представления данных в виде тензоров. Исследованы способы декомпозиции тензоров: «ТТ-разложение» и «разложение Таккера». На основе экспериментальных данных были выявлены закономерности изменения точности и времени расчётов при изменении объёма данных.

Abstracts: The form of data representation in the form of tensors is described. Methods of tensor decomposition are investigated: "TT-decomposition" and "Tucker decomposition". On the basis of experimental data, the regularities of changes in the accuracy and timing of calculations with changes in the data volume were revealed.

Ключевые слова: Тензор, декомпозиция, моделирование, ТТ-разложение, разложение Таккера.

Keywords: Tensor, decomposition, modeling, TT decomposition, Tucker decomposition.

В математике, тензор - это объект, содержащий значения в каждой из множества систем координат.

Каждый тензор может иметь своё количество координатных осей. Таким образом, тензор нулевого порядка (с количеством координатных осей равным нулю) это скаляр, первого порядка - вектор, второго - матрица и т.д.

Компоненты тензора при переходе от одной системы координат к другой преобразуются по определённому закону. При выборе другого базиса новые компоненты можно выразить через прежние, но для этого необходимо знать матрицу преобразования, которую возможно рассчитать или получить из справочной литературы.

Основным преимуществом представления данных в тензорном виде является возможность уменьшить влияние "проклятия размерности" следствием которого является экспоненциальный рост трудоёмкости расчётов при увеличении размерности входных данных.

Тензорное разложение - это последовательность более простых тензоров и набора операций, позволяющих представить изначальный тензор.

TT-разложение - это нерекурсивная форма тензорного разложения которая предполагает произведение двумерной матрицы и ряда векторов. Тензорный поезд не страдает от проклятия размерности. Для данной формы существует математический аппарат, который позволяет быстро осуществлять все тензорные операции, а также производить быстрое округление.

$$A(i_1, i_2, \ldots, i_d) = \\ = \sum_{\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_d} G_1(\alpha_0, i_1, \alpha_1) G_2(\alpha_1, i_2, \alpha_2) \ldots G_d(\alpha_{d-1}, i_d, \alpha_d),$$

где Gk — 3-мерные тензоры размеров rk−1 × nk × rk ; r0 = rd = 1 (вводится искусственно для удобства). Терминология: I Gk называются TT-ядрами тензора A; I числа rk называются TT-рангами тензора A.

Разложение Такера - это разложение при котором тензор представляется в виде набора из матриц и одного небольшого основного тензора.

$$A(i_1, i_2, \ldots, i_d) = \\ = \sum_{\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_d} G(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_d) U_1(i_1, \alpha_1) U_2(i_2, \alpha_2) \ldots U_d(i_d, \alpha_d).$$

Список используемой литературы:

1. Tensorlab User Guide Release 3.0 [Электронный ресурс] - https://www.tensorlab.net/userguide3.pdf

2. Tensorlab's documentation [Электронный ресурс] - https://www.tensorlab.net/doc/

3. Tensor Train Accelerated Solution of Volume Integral Equation for 2-D Scattering Problems and Magneto-Quasi-Static Characterization of Multiconductor Transmission Lines / Zhuotong Chen , Student Member, IEEE, Shucheng Zheng , Student Member, IEEE, and Vladimir I. Okhmatovski , Senior Member, IEEE

4. TT-cross approximation for multidimensional arrays Ivan Oseledets, Eugene Tyrtyshnikov / Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences, Gubkin Street, 8, Moscow 119333, Russia