

## ОБЗОР ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ SIM4LIFE

Щербаков Д.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Чураков А.В. – канд.мед.наук, доцент

**Аннотация.** Проанализированы возможности для моделирования медико-биологических процессов в инновационной платформе Sim4Life for Science 6.0. Установлено, что Sim4Life включает в себя наиболее востребованный набор инструментов для программирования и 3D моделирования различных процессов в организме человека сохраняя при этом высокую достоверность получаемых результатов и производительность. Предложены варианты использования возможностей платформы в медицинских исследованиях.

**Ключевые слова:** моделирование, CAD, Sim4Life for Science 6.0.

**Введение.** Sim4Life for Science 6.0 - это платформа моделирования, сочетающая вычислимые человеческие фантомы с самыми мощными физическими решателями и самыми передовыми моделями тканей, для непосредственного анализа биологических явлений реального мира и сложных технических устройств в заданной биологической и анатомической среде. Платформа Sim4Life также предлагает превосходную производительность со всеми функциями, ожидаемыми от мультифизической платформы CAE / TCAD. Платформа SEMCAD X Matterhorn, также распространяемая SPEAG, является решением TCAD для электромагнитных приложений Sim4Life [1].

**Основная часть.** В основе Sim4Life лежит набор вычислимых человеческих фантомов, созданных на основе самых мощных физических решателей и самых современных моделей тканей, которые обеспечивают реалистичную биологическую и анатомическую среду для проведения фундаментальных исследований, проверки эффективности и безопасности медицинских устройств и методов лечения, что является необходимым компонентом пилотных исследований перед клиническими испытаниями. На основе моделей виртуальной популяции ViP3.0 Фонда IT'IS в ETH Zurich вычисляемые фантомы функционализированы для прогнозирования реальных биологических и физиологических явлений для любой определенной популяции пациентов. Все морфологические типы тканей связаны с постоянно обновляемой базой данных физических свойств [2].

Мощные вычислительные инструменты Sim4Life с применением токенов и кластерных технологий обеспечивают расчёты с высокоточной дискретизацией человеческих фантомов и возможность решения задач современной имплантологии, реконструктивной хирургии и эфферентных методов терапии.

Дополнительный интерактивный механизм позволяет расширить демографический охват параметризованных анатомических моделей, например, для изучения недостаточно представленных в материалах исследований в клинических испытаниях различных этнических групп с патологиями.

Исследователи врачи и инженеры - программисты тщательно проверяют и обновляют модели и связанную с ними базу данных. Доступна исчерпывающая документация для всех поддерживаемых человеком вычислительных фантомов.

Ключевые особенности:

- встроенная поддержка последнего поколения виртуального населения ViP3.0;
- самая большая на рынке библиотека трехмерных фантомов высокого разрешения, доступных для работы;

## 57-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов

- независимая от сетки (не основанная на данных вокселей) анатомические фантомные данные на основе САПР;
- более 15 анатомических человеческих фантомов всего тела;
- более 10 анатомических моделей головы (детская, взрослая, мужская, женская, европейская, азиатская);
- большие модели CAD животных с высоким разрешением (или вокселей через данные вокселей Brooks AF Base);
- более 10 моделей экспериментальных животных (крысы, мыши, молодые, взрослые, самцы, самки, беременные и т. д.);
- модель черепа и головного мозга высокого разрешения с интегрированными детальными глубокими структурами мозга и информацией об анизотропии;
- интегрированная генерация высококачественных моделей поверхности по данным вокселей и изображений;
- возможные анатомические модели и поддержка параметризации дополнительных моделей;
- проблема на основе биомеханического моделирования FEM;
- интерактивный инструмент морфинга моделей;
- обширная онлайн-литературная база параметров тканей [3]
- интегрированный язык программирования Python расширяет возможности математического функционала вычислений;

Физико-математические решатели электромагнетизма (P-EM-FDTD) обеспечивают ускоренное двухволновое крупномасштабное ЭМ-моделирование (> миллиард вокселей) с дискретизацией по Йи на геометрически адаптивных, неоднородных, прямолинейных сетках с конформной коррекцией субэлементов и моделями тонких слоев, с поддержкой дисперсионных материалов. Решатель включает в себя уникальный адаптивный алгоритм подсетей (от Acceleware), который обеспечивает максимально возможную эффективность в локальном уточнении сетки.

Оптимальная скорость моделирования достигается с помощью собственного графического процессора (GPU) и ускорений MPI, которые были разработаны нашей командой, которая впервые представила ускоренные решатели EM вместе с Acceleware в 2006 году [4].

Уникальный двунаправленный блочный подход Гюйгенса преодолевает трудности, связанные с моделями, которые распространяются на несколько масштабов и требуют самых разных разрешений.

Эти решатели, наиболее часто применяемые в своем роде в дозиметрии ближнего поля, были тщательно проверены и задокументированы в соответствии со стандартом IEEE / IEC 62704-1, а также путем сравнения с данными измерений (> 200 публикаций).

Ключевые особенности:

- моделирование переходных процессов, широкополосной связи и гармоник (решение во временной области);
- результаты из области времени и частоты;
- автоматическое завершение симуляции;
- движок ARMA для раннего обнаружения сходимости времени;
- неоднородный интеллектуальный движок Gridder (обнаружение геометрии);
- уникальный адаптивный алгоритм подсетей (от Acceleware);
- мониторинг во время выполнения;
- диэлектрические и магнитные материалы с потерями;

- частотно-зависимые диэлектрические и магнитные материалы (Дебай, Лоренц, Друде, Друде-Лоренц);
- метаматериалы;
- нелинейные материалы (эффект Керра, комбинационное рассеяние);
- потерьные реальные металлы, тонкие металлические листы и покрытия;
- температурные параметры для решателя T и EM-T;
- база данных готовых материалов (металлы, диэлектрики, анатомические материалы);
- определяемый пользователем источник сигнала (импульс, шаг, пила, произвольный, и т. д.) [5].

Модели нейрональных тканей (T-NEURO) позволяют динамически моделировать индуцированную ЭМ активацию, ингибирование и синхронизацию нейронов, используя либо сложные, многокамерные представления аксонов, нейронов и нейронных сетей с изменяющейся динамикой каналов, либо общие модели. Sim4Life использует алгоритм NEURON, разработанный в Йельском университете, который идеально подходит для изучения механизмов взаимодействия, оценки и оптимизации нейростимулирующих устройств, а также для оценки вопросов безопасности.

Встроенное геометрическое и динамическое представление нейронов (сома, аксон и дендритное дерево) генерирует физиологически функционализованные анатомические модели [6].

Графический пользовательский интерфейс (GUI) облегчает интеграцию других нейронных моделей из часто используемых баз данных или независимо полученных моделей [7].

Таким образом данная платформа наиболее целесообразна и эффективна для научно-исследовательской работы и обучения в современных технологиях.

### Список литературы

1. Application Sim4Life [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zmt.swiss/sim4life>.
2. Digital human phantom Yoop-sun [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itis.swiss/virtual-population/virtual-population/vip3/yoop-sun/>.
3. Computable Human Phantoms [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zmt.swiss/sim4life/computable-human-phantoms/vip-3-0/>.
4. Electromagnetics Full Wave Solvers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zmt.swiss/sim4life/physics-models/p-em-ftd/>.
5. Advanced Modeling Tool Set [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zmt.swiss/sim4life/framework/modeler/>.
6. Neuronal Tissue Models [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zmt.swiss/sim4life/tissue-models/t-neuro/>.
7. Valerio-Lepiniec M. Key interactions in neocarzinostatin, a protein of the immunoglobulin fold family / Z. Aguilar // Protein Eng – 2002. – №15. – С.61–69.
8. Модель воздействия электромагнитного поля на биологические ткани / Камлач П. В. [и др.] // Доклады БГУИР. – 2020. – № 18 (8). – С. 46–52. – DOI: <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2020-18-8-46-52>.

UDC 004.032.22

## OVERVIEW OF SIM4LIFE DIGITAL SIMULATION PLATFORM

Shcherbakov D.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus (style T-institution)

Churakov A.V. - PhD, associate professor

**Annotation.** The possibilities for modeling biomedical processes in the innovative platform Sim4Life for Science 6.0 are analyzed. It was found that Sim4Life includes the most popular set of tools for programming and 3D modeling of various processes in the human body, while maintaining high reliability of the results and productivity. Variants of using the platform's capabilities in medical research are proposed.

**Keywords:** modelling, CAD, Sim4Life for Science 6.0.