

**Компютърно моделиране и
симулация на процеси
протичащи при нискочестотна
чернодробна туморна аблация**

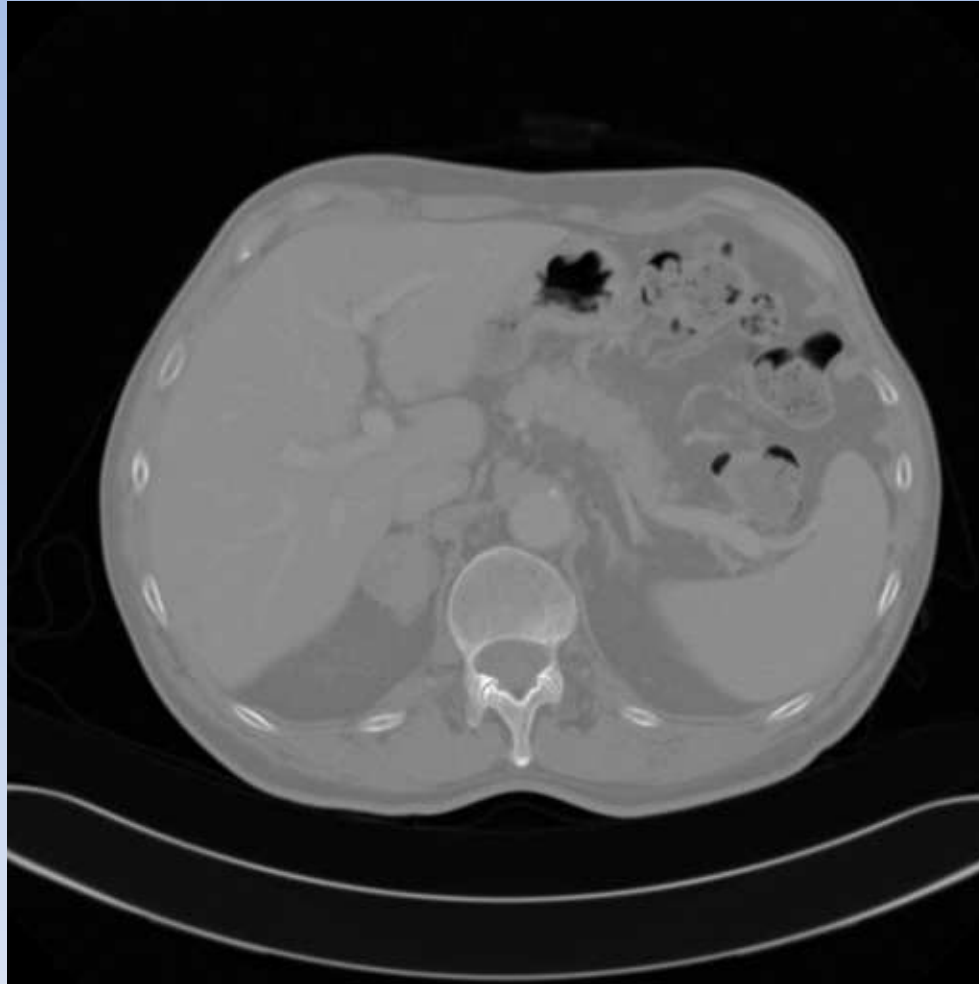
**Красимир Георгиев, Светозар Маргенов,
Никола Костурски, Явор Вутов**

{georgiev,margenov,kosturski,vutov}@parallel.bas.bg

Радиочестотната термоаблация е добре позната хирургична техника.

Целта е безкръвно рязане и коагулация (вследствие изпаряването на клетъчната течност при загряване поради протичането на високочестотен електрически ток) на тъканта.

Използват се честоти на тока от порядъка на (350÷500)KHz, при които няма нервна стимулация и съответно йонна поляризация в живия организъм довеждаща до клинична смърт.





Радиочестотната термо аблация се прилага и при **унищожаването на тумори и метастази в различни меки органи (тъкани) и в частност в черния дроб.**

В **съществуващите електрохирургични инструменти (апарати) от този тип се използва монополярна сонда като активен електрод. Вторият електрод, под формата на подложка със сравнително голяма площ (за да не продуцира топлина), се залепва върху кожата на пациента.**

Един сравнително успешен вариант на суха сонда представлява **игла, върха на която се позиционира в центъра на тумора, след което от върха ѝ се отварят електроди с форма на чадър**. Целта е да се увеличи покриваната от електродите област. Този подход е сравнително добре изучен, както практически, така и чрез методите на компютърното моделиране.

Основните проблеми, които ограничават неговото приложение са вследствие на прегряване на тъканта в контактната зона около върховете на електродите.

Един **алтернативен** **подход** за преодоляване на този проблем е свързан с използване на **сонда**, която се **охлажда вътрешно** чрез **циркулация на течност**. Така процесът на аблация може да продължи **по-дълго време** - до **“изгарянето”** на тумора. Основно **ограничение** в този подход е относително **малкият размер на тумори**, които **могат да бъдат третирани**.

Моделирането на този вид процес се извършва чрез **интегриран математически модел**, който в допълнение към **електрическите и термодинамични процеси**, се включват и процесите на **конвекция и дифузия в пореста среда**. Това дава възможност за ефективно моделиране на преноса на топлина, с отчитане както на влиянието на течението на физиологичен разтвор (когато такъв има), така и на циркулацията на кръвта.

Базира се на **метода на крайните елементи**.

Симулация на процесите на **масо и топлообмен** в съчетание с **електрически процеси в силно хетерогенна нелинейна среда** включваща апликатора.

Степените на свобода (размера) на дискретната задача са от порядъка на **$O(10^9)$**

Броя на стъпките по времето е от порядъка на **$O(10^4)$** .



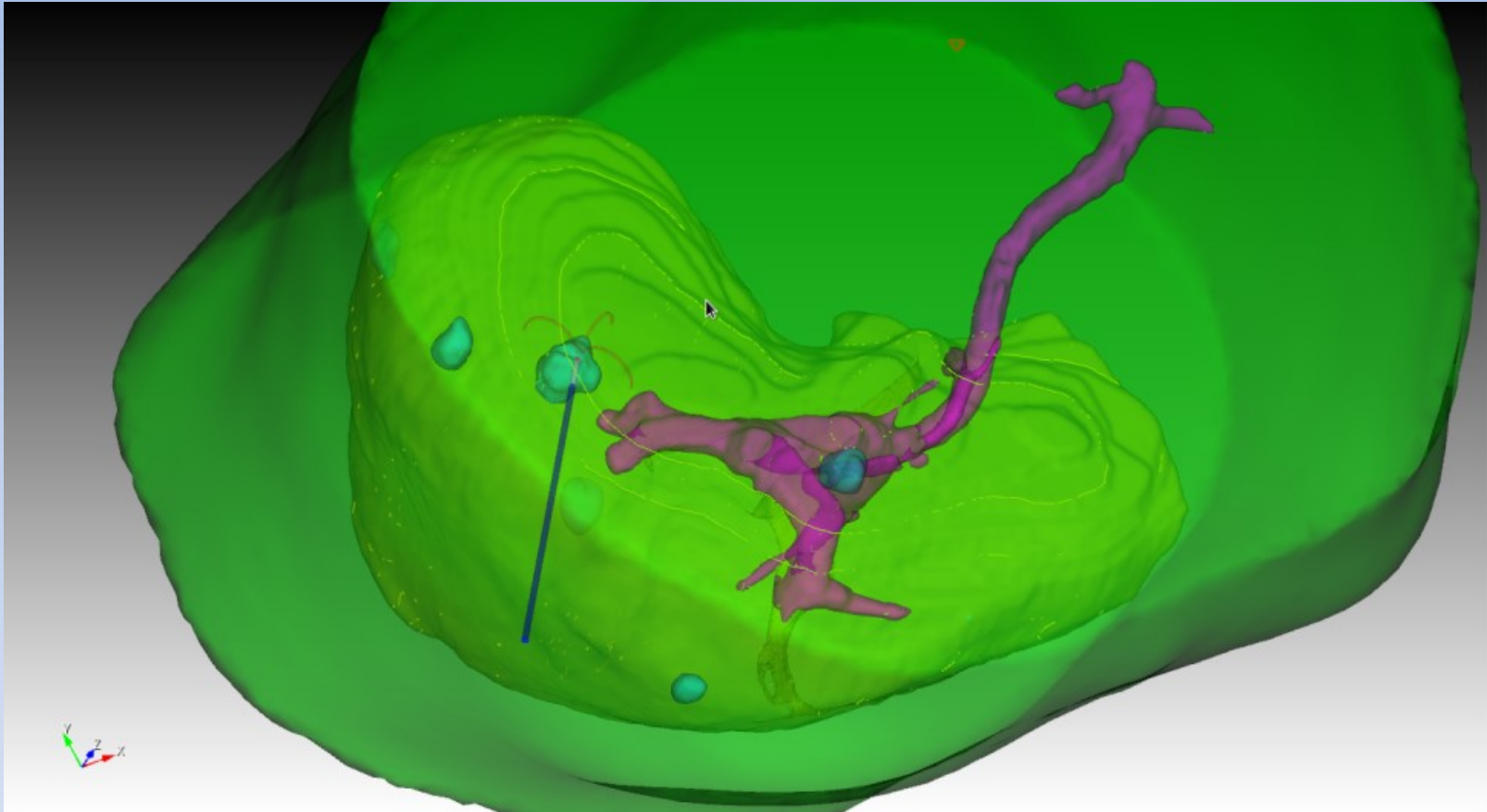
Математически модел

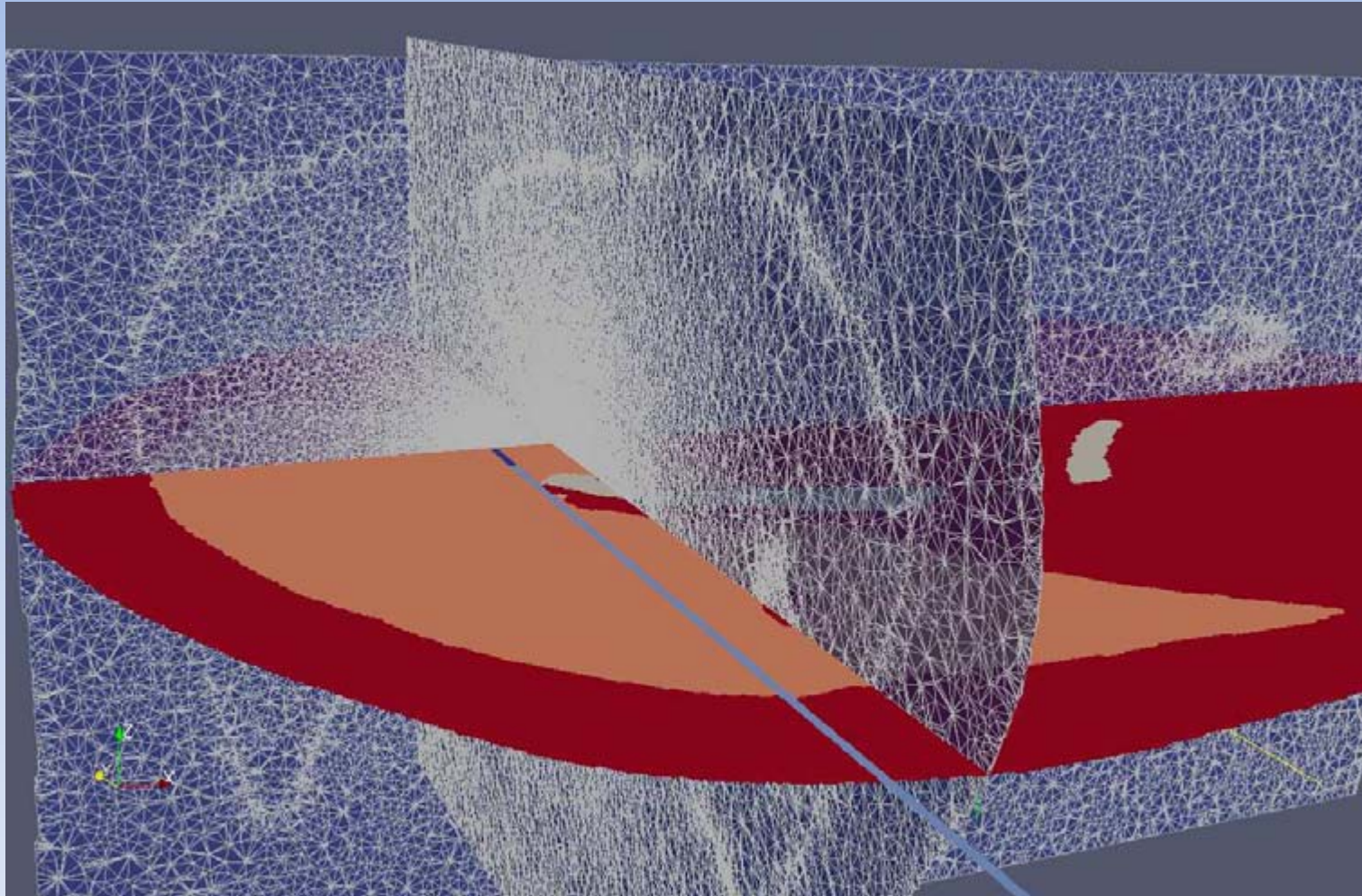
Задачата е **съществено тримерна и нелинейна.**

Разработването на този модел, както и неговата реализация върху най-съвременни високопроизводителни (суперкомпютърни) изчислителни платформи е **новост на световно ниво.**

Необходимостта от точно **компютърно моделира-не** е предизвикана от потребността за **уточняване и оптимизация на параметрите на процеса** (характеристики на тока, продължителност, налягане на подавания физиологичен разтвор) **на радиочестотна аблация при гарантиране на висока надеждност на резултата.**

Изследванията включват комплексни практичес-ки и компютърни експерименти с цел калибрира-не на резултатите от измерванията и уточняване на параметрите на компютърния модел





- **IBM Blue Gene/P** - two racks, **2048 PowerPC 450** processors (32 bits, 850 MHz), a total of **8192 cores**;
- **Double-precision, dual pipe floating-point acceleration on each core**;
- **Total of 4 TB random access memory**
- **16 I/O nodes currently connected via fibre optics to 10 Gb/s Ethernet switch**;
- **16 more I/O nodes ready to be connected in the near future**;

- Maximal LINPACK performance achieved:
Rmax = 23.42 Tflops;
- Theoretical peak performance:
Rpeak = 27.85 Tflops;
- **127th rank** in the 32nd edition of the world's **TOP500** supercomputers list, released on November 17, **2008**

- **Размерност на задачата:** **17 467 392**
- **Брой процесори:** **1024**
(2048, 4096)
- **Ускорение**
- **Производителност**
- **Скалируемост**
- **Адаптивни алгоритми**