

R U 2 6 7 7 0 4 9 C 2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11) 2 677 049⁽¹³⁾ C2

(51) МПК
A61N 5/10 (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A61B 5/0035 (2006.01); A61B 5/0555 (2006.01); A61N 5/1039 (2006.01); A61N 5/1049 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016116904, 22.09.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.09.2014

Дата регистрации:
15.01.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
30.09.2013 EP 13186655.0

(43) Дата публикации заявки: 10.11.2017 Бюл. № 31

(45) Опубликовано: 15.01.2019 Бюл. № 2

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 04.05.2016

(86) Заявка РСТ:
EP 2014/070079 (22.09.2014)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2015/044065 (02.04.2015)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

УЛЕМАНН Фальк (NL),
ОВЕРВЕГ Йоханнес Адрианус (NL)

(73) Патентообладатель(и):
КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2013006036 A1, 03.01.2013. US
2010239066 A1, 23.09.2010. WO 2011008969
A1, 20.01.2011. WO 2012080948 A1, 21.06.2012.
RU 2011126922 A, 10.01.2013.

(54) ВЫРАВНИВАНИЕ СИСТЕМ КООРДИНАТ ВНЕШНЕЙ ЛУЧЕВОЙ РАДИОТЕРАПИИ И
СИСТЕМ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к медицинской
технике, а именно к средствам лучевой
радиотерапии с визуальным контролем.
Медицинский инструмент содержит систему
магнитно-резонансной томографии, выполненную
с возможностью получения магнитно-резонансных
данных от субъекта в пределах зоны формирования
изображения, причем система магнитно-резонансной
томографии имеет первую систему координат
координат, систему внешней лучевой радиотерапии,

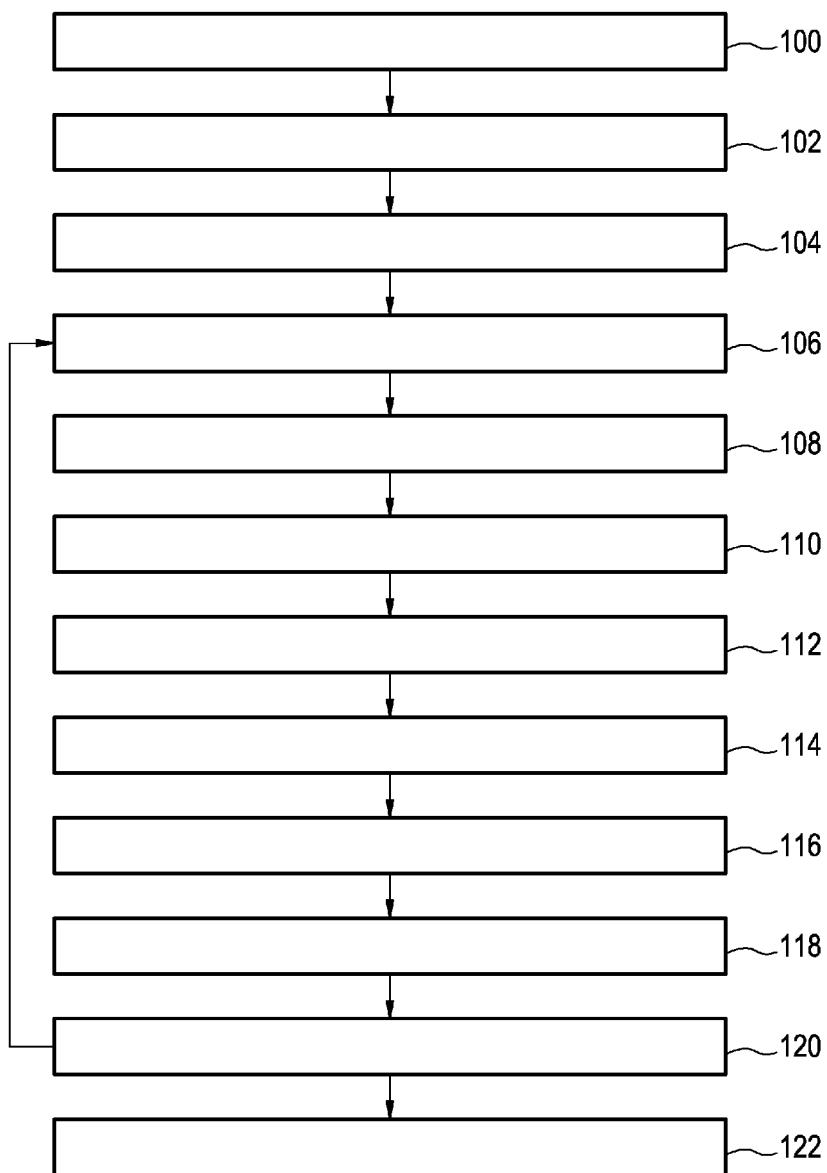
выполненную с возможностью облучения целевой
зоны, причем целевая зона находится в пределах
зоны формирования изображения, причем система
внешней лучевой радиотерапии имеет вторую
систему координат, систему генерации пучка
излучения, выполненную с возможностью
генерации пучка излучения высокой энергии,
имеющего терапевтический эффект, систему
обнаружения пучка излучения, выполненную с
возможностью получения данных обнаружения

R U 2 6 7 7 0 4 9 C 2

пучка излучения, описывающих пучок излучения во второй системе координат, память для хранения машинно-исполнимых команд, процессор, причем выполнение команд предписывает процессору принимать плановые данные, описывающие пространственно-зависимую дозу излучения в целевой зоне, генерировать команды управления внешней лучевой радиотерапией, используя пространственно- зависимую дозу излучения, управлять системой внешней лучевой радиотерапии для облучения целевой зоны, используя команды управления системой внешней лучевой радиотерапии, генерировать пучки излучения, используя систему генерации пучка излучения, измерять данные обнаружения пучка излучения, использовать систему обнаружения пучка излучения, получать данные магнитно-резонансной томографии, используя систему магнитно-резонансной томографии, генерировать магнитно-резонансное изображение, используя данные магнитно-резонансного изображения, определять совмещение магнитно-резонансного изображения

с данными обнаружения пучка излучения, вычислять соответствие между первой системой координат и второй системой координат, используя совмещение, и модифицировать команды управления системой внешней лучевой радиотерапии, используя соответствие, причем система обнаружения пучка излучения содержит систему формирования портального изображения для получения портального изображения субъекта, при этом портальное изображение передается пучком излучения высокой энергии, причем данные обнаружения пучка излучения содержат портальное изображение, и выполнение команд дополнительно предписывает процессору, по меньшей мере, частично вычислять соответствие посредством совмещения портального изображения с магнитно-резонансным изображением. Способ осуществляется посредством работы медицинского инструмента. Использование изобретений позволяет повысить точность управления облучением целевой зоны. 2 н. и 11 з.п. ф-лы, 7 ил.

R U 2 6 7 7 0 4 9 C 2



ФИГ. 1

R U 2 6 7 7 0 4 9 C 2

R U 2 6 7 7 0 4 9 C 2

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19)

RU (11)

2 677 049⁽¹³⁾ C2

(51) Int. Cl.
A61N 5/10 (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

A61B 5/0035 (2006.01); *A61B 5/0555* (2006.01); *A61N 5/1039* (2006.01); *A61N 5/1049* (2006.01)

(21)(22) Application: 2016116904, 22.09.2014

(24) Effective date for property rights:
22.09.2014

Registration date:
15.01.2019

Priority:

(30) Convention priority:
30.09.2013 EP 13186655.0

(43) Application published: 10.11.2017 Bull. № 31

(45) Date of publication: 15.01.2019 Bull. № 2

(85) Commencement of national phase: 04.05.2016

(86) PCT application:
EP 2014/070079 (22.09.2014)

(87) PCT publication:
WO 2015/044065 (02.04.2015)

Mail address:
129090, Moskva, ul. B.Spasskaya, 25, stroenie 3,
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i
Partnery"

(72) Inventor(s):

ULEMANN Falk (NL),
OVERVEG Jokhannes Adrianus (NL)

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS N.V. (NL)

(54) ALIGNMENT OF COORDINATE SYSTEMS OF EXTERNAL BEAM RADIOTHERAPY AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING SYSTEMS

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: group of inventions relates to medical equipment, namely to means of beam radiotherapy with visual control. In the method, the medical instrument contains a magnetic resonance imaging system, configured to obtain magnetic resonance data from a subject within an imaging zone, wherein the magnetic resonance imaging system has a first coordinate system, an external beam radiotherapy system, configured to irradiate the target zone, wherein the target zone is within the imaging zone, and the external beam radiotherapy system has a second

coordinate system, a radiation beam generation system configured to generate a high energy radiation beam having therapeutic effect, a radiation beam detection system capable of obtaining radiation beam detection data describing the radiation beam in the second coordinate system, a memory for storing machine executable commands, a processor, wherein the execution of commands instructs the processor to receive planning data describing a spatially dependent radiation dose in the target zone, to generate commands for external beam radiotherapy control using the spatially dependent dose of radiation, to control the

R U 2 6 7 7 0 4 9 C 2

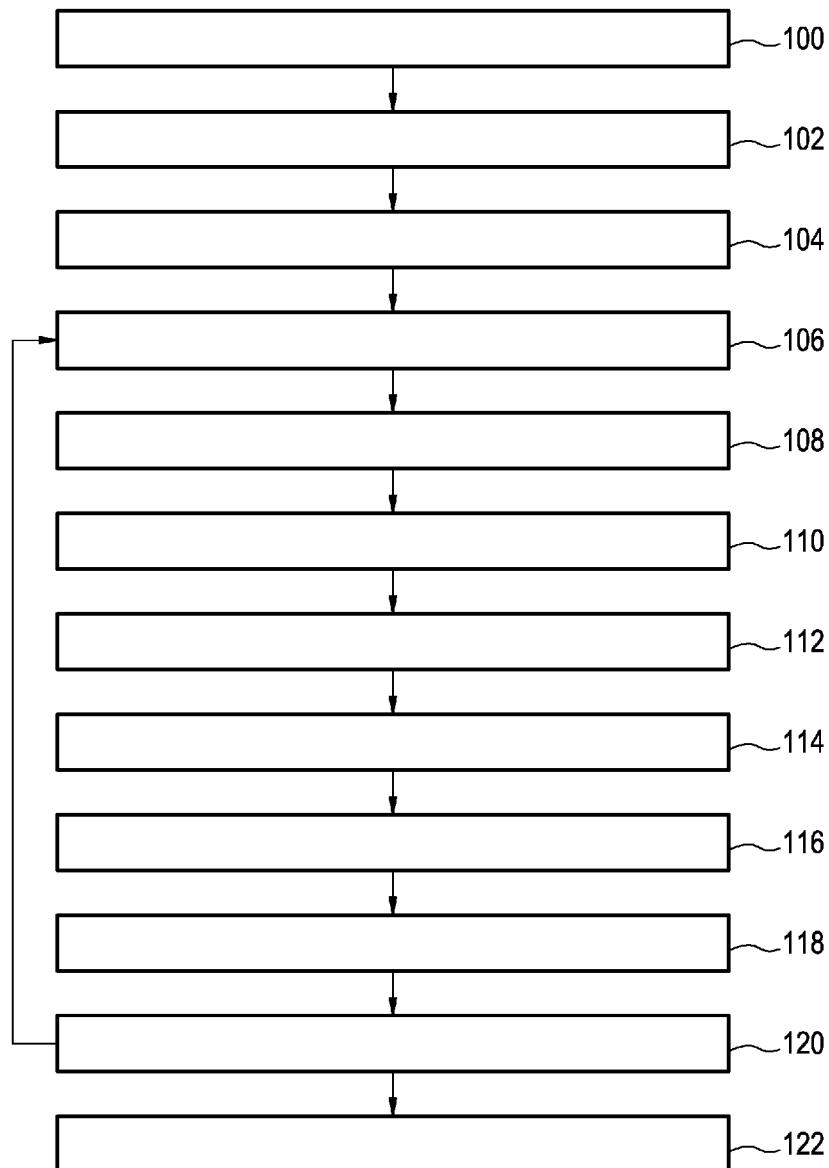
R U 2 6 7 7 0 4 9 C 2

external beam radiotherapy system to irradiate the target zone using the external beam radiotherapy system control commands, to generate the radiation beams using the radiation beam generation system, to measure the radiation beam detection data using the radiation beam detection system, to obtain the magnetic resonance imaging data using the magnetic resonance imaging system, to generate a magnetic resonance image using the magnetic resonance image data, to determine a registration of the magnetic resonance image to the radiation beam detection data, to calculate a mapping between the first coordinate system and the second coordinate system using the registration, and to modify the external beam radiotherapy system control

commands using the mapping, wherein the radiation beam detection system comprising a portal imaging system to obtain a subject's portal image, while the portal image is transferred by a beam of high energy radiation, wherein the radiation detection data comprises a portal image, and the execution of instructions further instructs the processor to at least partially compute the correspondence by aligning the portal image with the magnetic resonance image. This method is carried out by using the medical instrument.

EFFECT: use of inventions allows to increase the accuracy of control of the radiation of the target zone.

13 cl, 7 dwg



ФИГ. 1

R U 2 6 7 7 0 4 9 C 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к внешней лучевой радиотерапии, в частности к внешней лучевой радиотерапии с визуальным контролем.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

- 5 В общепринятой практике радиотерапии (RT), субъект располагается относительно неподвижного центра вращающейся дуги, несущей источник радиотерапии. Расположение подразумевает регулировку стола субъекта, как по высоте, так и боковую регулировку. Такое расположение необходимо для оптимизации дозы в очаге поражения, после изменения, которое может быть получено путем применения RT лучей под 10 разными углами.

- Интеграция МРТ (магнитного-резонанса) и линейных ускорителей (LINAC) открывает новые горизонты в области радиотерапии путем улучшения нацеливания на очаг поражения, особенно для движущихся органов. В предложении практической реализации, линейный ускоритель вращается вокруг субъекта, для поражения общего объема 15 мишени (GTV) и клинического объема мишени (CTV) с разных углов при минимизации воздействия излучения для окружающих тканей.

- Сочетание магнитно-резонансной аппаратуры и источников LINAC радиотерапии известно. Обычно источник LINAC помещается на вращающийся гентри вокруг магнита, и магнит разработан таким образом, что LINAC вращается в области нулевого поля 20 магнита.

Международная заявка на патент WO 2009/012577 A1 раскрывает использование формирования портального изображения для модификации параметров лечения во время радиотерапии.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

- 25 Настоящее изобретение предусматривает медицинский инструмент, компьютерный программный продукт и способ, в независимых пунктах формулы изобретения. Варианты осуществления приведены в зависимых пунктах формулы изобретения.

- Как будет понятно специалисту в данной области, аспекты настоящего изобретения могут быть выполнены как прибор, способ или компьютерный программный продукт. 30 Соответственно, аспекты настоящего изобретения могут принимать форму полностью аппаратного варианта осуществления, полностью программного варианта осуществления (включая встроенные программы, резидентное программное обеспечение, микрокод и т.д.) или варианта осуществления, сочетающего программные и аппаратные аспекты, которые могут все в целом упоминаться в данном документе, как "схема", 35 "модуль" или "система". Кроме того, аспекты настоящего изобретения могут принимать форму компьютерного программного продукта, реализованного в одном или более машиночитаемом носителе(ях), имеющим компьютерный исполнимый код, реализованный на нем.

- Любое сочетание одного или более машиночитаемых носителей может быть 40 использовано. Машиночитаемый носитель может представлять собой машиночитаемый носитель сигнала или машиночитаемый носитель информации. «Машиночитаемый носитель информации», в данном контексте, охватывает любой реальный носитель информации, который может хранить команды, которые выполняются процессором вычислительного устройства. Машиночитаемый носитель информации может 45 упоминаться, как машиночитаемый энергонезависимый носитель информации. Машиночитаемый носитель информации, также может упоминаться, как материальный машиночитаемый носитель. В некоторых вариантах осуществления машиночитаемый носитель информации может также иметь возможность хранить данные, к которым

имеет возможность получать доступ процессор вычислительного устройства. Примеры машиночитаемого носителя информации включают в себя, но не ограничиваются ими: диска, магнитный жесткий диск, твердотельный жесткий диск, флэш-память, флэш-накопитель USB, оперативное запоминающее устройство (RAM), постоянное

- 5 имеет возможность получать доступ процессор вычислительного устройства. Примеры машиночитаемого носителя информации включают в себя компакт-диски (CD) и цифровые универсальные диски (DVD), например, CD-ROM, CD-RW, CD-R, DVD-ROM, DVD-RW или диски DVD-R. Термин машиночитаемый носитель информации также относится к различным типам носителей информации, к которым
- 10 осуществляется доступ с помощью компьютерного устройства через сеть или линию связи. Например, данные могут быть получены через модем, через Интернет, или через локальную сеть. Компьютерный исполняемый код, реализованный на машиночитаемом носителе, может быть передан с использованием любой подходящей среды, в том числе, но, не ограничиваясь ими: радиосвязи, проводной линии связи, оптоволоконного кабеля,
- 15 радиочастоты и т.д., или любого подходящего сочетания вышеперечисленного.

Машиночитаемый носитель сигнала может включать в себя распространяющийся сигнал данных с компьютерным исполняемым кодом, реализованным в нем, например, в основной полосе частот или в качестве части несущей волны. Такой распространяющийся сигнал может принимать любую из множества форм, в том числе,

- 20 но, не ограничиваясь этим, электромагнитных, оптических, или любого соответствующего сочетания из этого. Машиночитаемый носитель сигнала может представлять собой любой машиночитаемый носитель, который не является машиночитаемым носителем информации и который может осуществлять связь, распространять или транспортировать программу для использования или в связи с
- 25 системой выполнения команды, прибора или устройства.

"Компьютерная память" или "память" является примером машиночитаемого носителя информации. Компьютерная память это любая память, которая непосредственно доступна процессору. "Запоминающее устройство компьютера" или "запоминающее устройство" является дополнительным примером машиночитаемого носителя

- 30 информации. Запоминающим устройством компьютера является любой энергонезависимый машиночитаемый носитель информации. В некоторых вариантах осуществления запоминающее устройство компьютера также может быть компьютерной памятью, или наоборот.

'Процессор', в данном контексте, охватывает электронный компонент, который

- 35 способен выполнять программу или машинно-исполнимую команду, или компьютерный исполняемый код. Ссылки на вычислительное устройство, содержащие "процессор" следует интерпретировать, как, возможно содержащие более одного процессора или ядра процессора. Процессор может быть, например, многоядерным процессором. Процессор может также относиться к набору процессоров в одной компьютерной
- 40 системе или распределяться между несколькими компьютерными системами. Термин вычислительное устройство также должно интерпретироваться, как, возможно, относящееся к набору или сети вычислительных устройств, каждое из которых содержит процессор или процессоры. Компьютерный исполняемый код может выполняться несколькими процессорами, которые могут находиться в том же вычислительном
- 45 устройстве, или которые даже могут быть распределены по нескольким вычислительным устройствам.

Компьютерный исполняемый код может содержать машинно-исполнимые команды или программу, которая предписывает процессору выполнять аспект настоящего

изобретения. Компьютерный исполняемый код для осуществления операций по аспектам настоящего изобретения может быть написан в любом сочетании одного или нескольких языков программирования, в том числе объектно-ориентированных языков программирования, таких как Java, Smalltalk, C++ и т.п., и традиционных процедурных языков программирования, таких как язык программирования "C" или похожие языки программирования, и скомпилирован в машинно-исполнимые команды. В некоторых случаях компьютерный исполняемый код, может быть в виде языка высокого уровня или в предварительно скомпилированной форме и использоваться в сочетании с интерпретатором, который генерирует машинно-исполнимые команды не

останавливаясь.

Компьютерный исполняемый код может выполняться полностью на компьютере пользователя, частично на компьютере пользователя, как автономный пакет программ, частично на компьютере пользователя и частично на удаленном компьютере, или полностью на удаленном компьютере или сервере. В последнем сценарии удаленный компьютер может быть подключен к компьютеру пользователя через любой тип сети, включая в себя локальную сеть (LAN) или глобальную сеть (WAN), или соединение может быть выполнено с внешним компьютером (например, через Интернет, используя Интернет провайдер).

Аспекты настоящего изобретения описаны со ссылкой на блок-схемы

последовательности операций и/или блок-диаграммы способов, приборов (систем) и компьютерных программных продуктов в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Следует понимать, что каждый блок или часть блоков блок-схемы последовательности операций, иллюстрации, и/или блок-диаграммы могут быть реализованы командами компьютерной программы в виде компьютерного исполняемого кода, когда это применимо. Дополнительно следует понимать, что, комбинации блоков в различных блок-схемах последовательности операций, иллюстрации, и/или блок-диаграммы могут быть объединены, когда они не являются взаимоисключающими. Эти команды компьютерной программы могут быть предоставлены в процессор компьютера общего назначения, компьютер специального назначения или другой прибор обработки программируемых данных для производства машины, такой, что команды, которые выполняют посредством процессора компьютера или другого прибора обработки программируемых данных, создают средства для выполнения функций/действий, указанных в блок-схеме последовательности операций и/или блок-схемы блока или блоков.

Эти команды компьютерной программы также могут храниться на машиночитаемом носителе, которые могут управлять компьютером, другими приборами обработки программируемых данных, или другими устройствами, чтобы функционировать определенным образом, так, что команды, хранящиеся на машиночитаемом носителе производят изделие, включающее в себя команды, которые реализуют функцию/действие, указанную в блок-схеме последовательности операций и/или блоке или блоках блок-диаграммы.

Команды компьютерной программы также могут быть загружены в компьютер, другой прибор обработки программируемых данных, или другие устройства, для вызова серии рабочих этапов, которые будут выполняться на компьютере, другом программируемом приборе или других устройствах для получения процесса, реализованного компьютером, таким образом, что команды, которые выполняются на компьютере или другом программируемом приборе, обеспечивают процессы для реализации функций/действий, указанных в блок-схеме последовательности операций

и/или в блоке или блоках блок-диаграммы.

'Пользовательский интерфейс' в данном контексте представляет собой интерфейс, который позволяет пользователю или оператору взаимодействовать с компьютером или компьютерной системой. 'Пользовательский интерфейс' также может быть назван,

- 5 как «устройство с человеческим интерфейсом». Пользовательский интерфейс может предоставлять информацию или данные оператору и/или принимать информацию или данные от оператора. Пользовательский интерфейс может позволить компьютеру принимать входные данные от оператора, и может обеспечить выходные данные пользователю с компьютера. Другими словами, пользовательский интерфейс может
- 10 позволить оператору контролировать или управлять компьютером, а интерфейс может позволить компьютеру показывать действия операторского контроля или управления. Отображение данных или информации на дисплее или графическом пользовательском интерфейсе является примером предоставления информации оператору. Прием данных через клавиатуру, мышь, шаровой манипулятор, сенсорную панель, манипулятор-15 указку, графический планшет, джойстик, геймпад, веб-камеру, гарнитуру, рычаги переключения передач, рулевое колесо, педали, проводную перчатку, танцевальный коврик, пульт дистанционного управления и акселерометр является примерами компонентов пользовательского интерфейса, которые делают возможным прием информации или данных от оператора.

- 20 'Аппаратный интерфейс' в данном контексте охватывает интерфейс, который позволяет процессору компьютерной системы взаимодействовать с и/или управлять внешним вычислительным устройством и/или прибором. Аппаратный интерфейс может позволить процессору отправлять управляющие сигналы или команды внешнему вычислительному устройству и/или прибору. Аппаратный интерфейс может также
- 25 позволить процессору обмениваться данными с внешним вычислительным устройством и/или прибором. Примеры аппаратного интерфейса включают в себя, но не ограничиваются ими: универсальная последовательная шина, порт IEEE 1394, параллельный порт, IEEE 1284 порт, последовательный порт, порт RS-232, IEEE-488 порт, подключение Bluetooth, беспроводная локальная сеть, соединение TCP/IP,
- 30 подключение к Ethernet, интерфейс управляющего напряжения, MIDI интерфейс, интерфейс аналогового входа и интерфейс цифрового входа.

'Дисплей' или 'устройство отображения', в данном контексте охватывает устройство вывода или пользовательский интерфейс, подходящий для отображения изображений или данных. Дисплей может выводить визуальные, аудио и/или тактильные данные.

- 35 Примеры дисплея включают в себя, но не ограничиваются ими: компьютерный монитор, экран телевизора, сенсорный экран, тактильный электронный дисплей, экран Брайля, электронно-лучевая трубка (CRT), запоминающая трубка, бистабильный дисплей, электронная бумага, векторный дисплей, индикаторная панель, вакуумный флуоресцентный дисплей (VF), светодиодный дисплей (LED), электролюминесцентный дисплей (ELD), плазменные дисплеи (PDP), жидкокристаллический дисплей (LCD),
- 40 органические светодиодные дисплеи (OLED), проектор, и шлем-дисплей.

Магнитно-резонансные (MR) данные определяются здесь, как записанные измерения радиочастотных сигналов, излучаемых спинами атомов антенны магнитно-резонансного прибора во время сканирования магнитно-резонансной томографии. Магнитно-

- 45 резонансные данные являются примером данных медицинских изображений. Изображение магнитно-резонансной томографии (МРТ) определяется здесь, как восстановленная двух- или трехмерная визуализация анатомических данных, содержащихся в данных магнитно-резонансной томографии. Эта визуализация может

быть выполнена с помощью компьютера.

В одном из аспектов изобретение предусматривает медицинский инструмент.

Медицинский инструмент содержит систему магнитно-резонансной томографии, выполненную с возможностью получения магнитно-резонансных данных от субъекта

5 в пределах зоны формирования изображения. Система магнитно-резонансной томографии имеет первую систему координат. Системы магнитно-резонансной томографии функционируют, производя большое статическое магнитное поле в зоне формирования изображения. Пространственное кодирование выполняется с использованием, так называемых, градиентных катушек или системы градиентных

10 катушек. Положение градиентных катушек определяет собственную систему координат для полученных магнитно-резонансных данных. Медицинский инструмент дополнительно содержит систему внешней лучевой радиотерапии, выполненную с возможностью облучения целевой зоны. Целевая зона находится в пределах зоны формирования изображения. Система внешней лучевой радиотерапии имеет вторую

15 систему координат. Система внешней лучевой радиотерапии может быть использована для контролируемого прямого излучения для облучения целевой зоны. Элементы управления и системы, используемые для направления излучения, определяют вторую систему координат.

Медицинский инструмент дополнительно содержит систему генерации пучка

20 излучения, работающую для генерации пучка излучения. Система генерации пучка излучения в данном контексте охватывает любую систему, которая может быть использована для генерации пучка излучения, которое является ионизирующим. Например, система генерации пучка излучения может охватывать рентгенографическую систему или систему с гамма-излучением. Система генерации пучка излучения также

25 может охватывать заряженные частицы, такие как протоны или заряженные ядра. В некоторых вариантах осуществления системы генерации пучка излучения является отдельным компонентом, а в других вариантах осуществления системы внешней лучевой радиотерапии является частью системы генерации пучка излучения.

Медицинский инструмент дополнительно содержит систему обнаружения пучка

30 излучения, выполненную с возможностью получения данных обнаружения пучка излучения, описывающих пучок излучения во второй системе координат. Система обнаружения пучка излучения может, другими словами, работать для обнаружения присутствия или других свойств пучка излучения. Следует отметить, что в соответствии с изобретением система обнаружения пучка излучения выполнена с возможностью

35 обнаружения изображения, переносимого пучком излучения. То есть, данные обнаружения пучка излучения, описывающие пучок излучения во второй системе координат, получаются в виде данных изображения. Медицинский инструмент дополнительно содержит память для хранения машинно-исполнимых команд.

Медицинский инструмент дополнительно содержит процессор для выполнения машинно-40 исполнимых команд. Выполнение машинно-исполнимых команд позволяет процессору контролировать или управлять медицинским инструментом и его различными компонентами.

Выполнение команд предписывает процессору принимать плановые данные, описывающие пространственно-зависимую дозу облучения в целевой зоне. Плановые 45 данные могут содержать соответствие, которое указывает количество излучения, доставляемого в различные части целевой зоны. В некоторых случаях плановые данные могут также содержать ссылки на анатомические зоны или части субъекта, которые не должны быть облучены или должны иметь минимальное количество излучения.

Выполнение команд дополнительно предписывает процессору генерировать команды управления внешней лучевой радиотерапией, использующие пространственно зависимую дозу облучения. На этом этапе пространственно зависимая доза излучения используется для генерации специальных команд, которые затем используются процессором для

5 управления системой внешней лучевой радиотерапии для облучения целевой зоны.

Выполнение команд может также предписать процессору получать предварительные магнитно-резонансные данные, которые используются для восстановления предварительного магнитно-резонансного изображения. Предварительное магнитно-резонансное изображение может, например, быть совмещено с плановыми данными и

10 использоваться с пространственно зависимой дозой для генерации команд управления внешней лучевой радиотерапией.

Подобным образом магнитно-резонансное изображение, восстановленное из магнитно-резонансных данных, которые получаются многократно при облучении целевой зоны, может быть также совмещено с пространственно зависимой дозой

15 облучения. Это совмещение может быть использовано с поиском соответствия для модификации команд управления системой внешней лучевой радиотерапии. Это предусматривает магнитно-резонансное руководство системы внешней лучевой радиотерапии.

В другом варианте осуществления выполнение команд дополнительно предписывает

20 процессору многократно управлять системой внешней лучевой радиотерапии для облучения целевой зоны с помощью команд управления системой внешней лучевой радиотерапии. На этом этапе команды управления системой внешней лучевой радиотерапии используются процессором для управления системой внешней лучевой радиотерапии для облучения целевой зоны. Выполнение команд дополнительно

25 предписывает процессору многократно генерировать пучок излучения, используя систему генерации пучка излучения. Генерация пучка излучения с использованием системы генерации пучка излучения может быть выполнена последовательно с облучением целевой зоны, или в некоторых вариантах осуществления они могут быть выполнены одновременно. Выполнение команд дополнительно предписывает

30 процессору многократно измерять данные обнаружения пучка излучения с использованием системы обнаружения пучка излучения.

Выполнение команд дополнительно предписывает процессору многократно получать данные магнитно-резонансной томографии, используя систему магнитно-резонансной томографии. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору многократно

35 генерировать магнитно-резонансное изображение с использованием данных магнитно-резонансного изображения. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору многократно совмещать магнитно-резонансное изображение с данными обнаружения пучка излучения. На этом этапе магнитно-резонансное изображение и

40 данные обнаружения пучка излучения используются для нахождения соответствия или корреляции между координатами этих двух изображений или данных. Данные

обнаружения пучка излучения могут принимать различные формы. В некоторых случаях это может быть изображением, таким как портальное изображение или это может быть просто необработанными данными, которые были собраны из матрицы датчиков. В любом случае, магнитно-резонансное изображение и его совмещение с данными

45 обнаружения пучка излучения определяет преобразование координат между ними.

Выполнение команд дополнительно предписывает процессору многократно вычислять соответствие между первой системой координат и второй системой координат, используя, по меньшей мере, частично совмещение. Выполнение команд дополнительно

предписывает процессору многократно модифицировать команды управления системой внешней лучевой радиотерапии, используя соответствие. Медицинский инструмент может использоваться для направления или контроля системы внешней лучевой радиотерапии, используя систему магнитно-резонансной томографии. Тем не менее,

5 во время курса выполнения облучения целевой зоны может появляться смещение или изменение между первой системой координат и второй системой координат. Например, различные компоненты могут нагреваться и могут вызывать пространственные изменения, которые могут вызвать незначительное смещение между первой системой координат и второй системой координат. Сдвиги в информации о магнитно-резонансном

10 изображении также могут быть вызваны изменениями напряженности локального магнитного поля, которые могут быть вызваны смещениями в системе генерации магнитно-резонансного поля или изменениями магнитного эффекта пациента. Видимый сдвиг изображения также может быть вызван уходом частоты в гетеродине магнитно-резонансной системы. Важным аспектом сдвига магнитно-резонансной системы

15 координат является то, что величина сдвига зависит от характеристик последовательности магнитно-резонансной томографии, в частности, от считываемой силы градиента. Поэтому полезно, если последовательность, используемая для направления процесса лечения, достаточно похожа на последовательность, используемую для выравнивания систем координат, то обе последовательности

20 демонстрируют одинаковый сдвиг систем координат. Сдвиг магнитно-резонансной системы координат относительно системы координат системы лечения будет недостатком, так как ошибки в выравниваниях первой и второй систем координат могут привести к ошибкам при облучении объекта. Например, область за пределами целевой зоны может быть облучена вместо целевой зоны. Этот вариант осуществления

25 может быть полезным, так как магнитно-резонансное изображение и данные обнаружения пучка излучения используются для вычисления соответствия между первой системой координат и второй системой координат, которые могут быть использованы для определения пространственной коррекции, затем используемой для модификации системы внешней лучевой радиотерапии, для более точного управления облучением целевой зоны.

Пучок излучения в данном контексте может охватывать рентгеновский пучок или гамма-излучение. Пучок излучения может также относиться к пучкам протонов или заряженных частиц.

Соответствие также может быть использовано для модификации получения магнитно-резонансных данных. Например, расположение особой части данных, которые получены, может быть настроено, используя сведения о том, как системы изменились по отношению друг к другу.

В другом варианте осуществления система внешней лучевой радиотерапии содержит источник пучка излучения для облучения целевой зоны. Система генерации пучка излучения содержит источник пучка излучения. Система обнаружения пучка излучения содержит систему формирования портального изображения для получения портального изображения субъекта, используя пучок излучения. Данные обнаружения пучка излучения содержат портальное изображение. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору, по меньшей мере, частично вычислять соответствие

40 посредством совмещения портального изображения на магнитно-резонансном изображении. Магнитно-резонансное изображение определяется положением градиентных катушек, а положение портального изображения определяется положением системы формирования портального изображения. Система формирования портального

изображения, как правило, монтируется непосредственно к системе внешней лучевой радиотерапии. Таким образом, магнитно-резонансное изображение и портальное изображение могут быть использованы для определения относительных координат между системой магнитно-резонансной томографии и системой внешней лучевой

- 5 радиотерапии. Система формирования портального изображения имеет предопределенную механическую взаимосвязь с системой внешней лучевой радиотерапии. Это обеспечивает более надежное соответствие между системами координат. В частности, соответствие может быть определено с помощью субъекта, подлежащего лечению на месте. Следовательно, калибровка соответствия может быть
- 10 интегрирована в процедуру лечения. Кроме того, калибровка соответствия не чувствительна к изменениям, которые могут произойти во время размещения субъекта.

Выполнение команд дополнительно предписывает процессору управлять системой внешней лучевой радиотерапии для получения портального изображения с помощью излучения, проходящего через субъект.

- 15 В другом варианте осуществления выполнение команд дополнительно предписывает процессору многократно определять анатомический ориентир субъекта в портальном изображении. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору определять анатомический ориентир в магнитно-резонансном изображении. Это может быть сделано многократно. Совмещение портального изображения с магнитно-резонансным
- 20 изображением выполняется, по меньшей мере, частично, с использованием анатомического ориентира.

В другом варианте осуществления анатомический ориентир представляет собой любое из следующего: переход между костной и мягкой тканью, имплантированная координатная метка, а также внешняя поверхность субъекта. В случае, когда

- 25 формирование портального изображения низкого разрешения, определить внутренний анатомический ориентир может быть трудно. Тем не менее, силуэт в портальном изображении может быть очень полезен для определения положения субъекта, как в портальном изображении, так и в магнитно-резонансном изображении. В этом случае, внешняя поверхность субъекта может быть использована для определения соответствия.

- 30 В другом варианте осуществления система магнитно-резонансной томографии содержит опору субъекта. Опора субъекта содержит фантом. Фантом содержит, по меньшей мере, одну опорную точку, идентифицируемую в портальном изображении и магнитно-резонансном изображении. В качестве альтернативы фантом содержит один объект, видимый в магнитно-резонансном изображении, и другой объект, видимый на портальном изображении с точной геометрической взаимосвязью между этими двумя объектами. Может быть полезно, если магнитно-резонансный видимый объект выполнен из и окружен материалом с низкой магнитной восприимчивостью, так, что магнитное поле внутри магнитно-резонансной видимой опорной точки, по существу, равно полю внутри пациента. Также может быть полезным, если разница между полем внутри
- 35 опорной точки и полем в пациенте меньше, чем разница поля между двумя соседними пикселями, генерируемыми выдаваемым градиентом. Также, может быть полезным, чтобы магнитно-резонансная видимая опорная точка размещалась на достаточном расстоянии от электрически проводящих объектов, поскольку магнитные поля, создаваемые индуцированными токами в таких объектах, могут вызвать видимый сдвиг
- 40 в положении магнитно-резонансной видимой опорной точки. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору, по меньшей мере, частично вычислять соответствие посредством совмещения, по меньшей мере, одной контрольной точки в портальном изображении в, по меньшей мере, одной опорной точке в магнитно-
- 45

резонансном изображении. Опора субъекта в данном контексте охватывает объект для поддержки субъекта или части субъекта. Опора субъекта также может упоминаться как фиксация.

В другом варианте осуществления системы генерации пучка излучения содержит

- 5 генератор узких рентгеновских пучков для генерирования узкого рентгеновского пучка. Генератор узких рентгеновских пучков прикреплен к системе магнитно-резонансной томографии. Память содержит пространственную калибровку, описывающую путь узкого рентгеновского пучка, относительно поля зрения системы магнитно-резонансной томографии. Система обнаружения пучка излучения монтируется на системе внешней
- 10 лучевой радиотерапии. Данные обнаружения пучка излучения описывают путь узкого пучка лучей через систему обнаружения рентгеновского излучения. Также может существовать вторая пространственная калибровка, которая описывает положение системы обнаружения пучка излучения, относительно второй системы координат.

Пространственная калибровка, описывающая путь узкого пучка рентгеновских

- 15 лучей относительно поля зрения системы магнитно-резонансной томографии, также может быть интерпретирована, как по отношению к первой системе координат. В этом варианте осуществления генератор рентгеновского излучения, который отделен от системы внешней лучевой радиотерапии, используется для генерации пучка рентгеновского излучения, которое затем обнаруживается системой обнаружения пучка
- 20 излучения. Путь рентгеновского пучка излучения известен относительно первой системы координат. Измерение пути пучка рентгеновского излучения, как измеренное с помощью системы обнаружения пучка излучения известно, относительно второй системы координат. Это делает возможным определить соответствие между первой системой координат и второй системой координат.

- 25 Может существовать несколько различных типов источников узкого пучка рентгеновского излучения. Например, может быть использована очень маленькая или миниатюрная рентгеновская трубка, также, так называемые, нанотрубковые рентгеновские генераторы.

В другом варианте осуществления системы магнитно-резонансной томографии

- 30 выполнена с возможностью поддержки субъекта вдали от пути узкого пучка рентгеновского излучения. Этот вариант осуществления интерпретируется так, что путь узкого пучка рентгеновского излучения не проходит через субъект. Это может быть предпочтительным, так как объект не облучается узким пучком рентгеновского генератора.

- 35 В другом варианте осуществления система обнаружения пучка излучения содержит систему формирования портального изображения для получения портального изображения субъекта при облучении целевой зоны, используя систему внешней лучевой радиотерапии. Система формирования портального изображения выполнена с возможностью обнаружения узкого пучка рентгеновского излучения. Выполнение
- 40 команд дополнительно предписывает процессору, по меньшей мере, частично вычислять соответствие посредством совмещения портального изображения с пространственной калибровкой.

В другом варианте осуществления система обнаружения пучка излучения

- 45 дополнительно содержит матрицу детекторов рентгеновского излучения, выполненную с возможностью обнаружения пути узкого пучка рентгеновского излучения с помощью датчика обнаружения рентгеновского излучения. Например, датчик обнаружения рентгеновского излучения может быть линейным или двумерной матрицей, которая может обнаружить, где узкий пучок рентгеновского излучения может пройти через

матрицу датчиков обнаружения рентгеновского излучения.

В другом варианте осуществления системы внешней лучевой радиотерапии имеет изоцентр. Модифицированные команды управления системой внешней лучевой радиотерапии предписывают системе внешней лучевой радиотерапии совмещать

изоцентр с целевой зоной. Например, механический стол может использоваться для изменения положения системы внешней лучевой радиотерапии. В других вариантах осуществления субъект может располагаться на опоре субъекта, которую можно перемещать. В этом случае опора субъекта может быть перемещена таким образом, что целевая зона будет лежать на изоцентре системы внешней лучевой радиотерапии.

В другом варианте осуществления выполнение команд предписывает процессору выполнять любую из следующих функций: управление системой внешней лучевой радиотерапии, для прекращения облучения целевой зоны, если соответствие указывает разницу между первой системой координат и второй системой координат, которая больше, чем первое заданное пороговое значение, отображение предупреждающего сообщения на дисплее, автоматическая регулировка излучения системы внешней лучевой радиотерапии, автоматическая регулировка получения данных магнитно-резонансной томографии, управление системой внешней лучевой радиотерапии для прекращения облучения целевой зоны, если временное изменение в соответствии больше, чем второе заданное пороговое значение, а также их комбинации.

В другом варианте осуществления система внешней лучевой радиотерапии представляет собой систему протонных пучков.

В другом варианте осуществления система внешней лучевой радиотерапии представляет собой систему пучка заряженных частиц.

В другом варианте осуществления система внешней лучевой радиотерапии представляет собой линейный ускоритель (LINAC). Следует отметить, что система внешней лучевой радиотерапии включает в себя линейный ускоритель, который генерирует электронный пучок высокой энергии, излучаемый и ударяющийся об мишень анода. Электронный пучок высокой энергии вызывает пучок рентгеновского излучения высокой энергии или пучок γ -лучей. Пучок рентгеновского излучения высокой энергии или пучок γ -лучей имеют терапевтический эффект в том, что их ионизирующий эффект может разрушать пораженные ткани или раковые ткани.

В другом аспекте настоящее изобретение относится к компьютерному программному продукту, содержащему машинно-исполнимые команды для выполнения процессором, управляющим медицинским инструментом. Медицинский инструмент содержит систему магнитно-резонансной томографии, выполненную с возможностью получения магнитно-резонансных данных от субъекта в пределах зоны формирования изображения. Система магнитно-резонансной томографии имеет первую систему координат. Медицинский инструмент дополнительно содержит систему внешней лучевой радиотерапии, выполненную с возможностью облучения целевой зоны. Целевая зона находится в пределах зоны формирования изображения. Система внешней лучевой радиотерапии имеет вторую систему координат.

Медицинский инструмент дополнительно содержит систему генерации пучка излучения, выполненную с возможностью генерации пучка излучения. Медицинский инструмент дополнительно содержит систему обнаружения пучка излучения, выполненную с возможностью получения данных обнаружения пучка излучения, описывающих пучок излучения во второй системе координат. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору принимать плановые данные, описывающие частично зависимую дозу излучения в целевой зоне. Выполнение команд дополнительно

предписывает процессору генерировать команды управления системой внешней лучевой радиотерапии, используя пространственно зависимую дозу излучения. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору многократно управлять системой внешней лучевой радиотерапии для облучения целевой зоны, используя команды

- 5 управления системой внешней лучевой радиотерапии. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору многократно генерировать пучок излучения, используя систему генерации пучка излучения.

Выполнение команд дополнительно предписывает процессору измерять данные обнаружения пучка излучения, используя систему обнаружения пучка излучения.

- 10 Выполнение команд дополнительно предписывает процессору получать данные магнитно-резонансной томографии, используя систему магнитно-резонансной томографии. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору генерировать магнитно-резонансное изображение, используя данные магнитно-резонансного изображения. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору

- 15 многократно совмещать магнитно-резонансное изображение с данными обнаружения пучка излучения. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору вычислять соответствие между первой системой координат и второй системой координат, используя, по меньшей мере, частично совмещение. Выполнение команд дополнительно предписывает процессору многократно модифицировать команды управления системой

- 20 внешней лучевой радиотерапии, используя соответствие.

В другом аспекте изобретение предусматривает способ работы медицинского инструмента. Медицинский инструмент содержит систему магнитно-резонансной томографии, выполненную с возможностью получения магнитно-резонансных данных от субъекта в пределах зоны формирования изображения. Система магнитно-

- 25 резонансной томографии имеет первую систему координат. Инструмент дополнительно содержит систему внешней лучевой радиотерапии, выполненную с возможностью облучения целевой зоны. Целевая зона находится в пределах зоны формирования изображения. Система внешней лучевой радиотерапии имеет вторую систему координат. Инструмент дополнительно содержит систему генерации пучка излучения, выполненную

- 30 с возможностью генерации пучка излучения. Инструмент дополнительно содержит систему обнаружения пучка излучения, выполненную с возможностью получения данных обнаружения пучка излучения, описывающих пучок излучения во второй системе координат. Способ содержит прием плановых данных, описывающих пространственно зависимую дозу излучения в целевой зоне.

- 35 Способ дополнительно содержит команды управления системой внешней лучевой радиотерапии с использованием пространственно зависимой дозы излучения. Способ дополнительно содержит многократное управление системой внешней лучевой радиотерапии для облучения целевой зоны, используя команды управления системой внешней лучевой радиотерапии. Способ дополнительно содержит многократную

- 40 генерацию пучка излучения с использованием системы генерации пучка излучения. Способ дополнительно содержит многократное измерение данных обнаружения пучка излучения, используя систему обнаружения пучка излучения. Способ дополнительно содержит многократное получение данных магнитно-резонансной томографии, используя систему магнитно-резонансной томографии. Способ дополнительно содержит

- 45 многократную генерацию магнитно-резонансного изображения, используя данные магнитно-резонансного изображения. Способ дополнительно содержит многократное совмещение магнитно-резонансного изображения в данных обнаружения пучка излучения. Способ дополнительно содержит многократное вычисление соответствия

между первой системой координат и второй системой координат, используя, по меньшей мере, частично совмещение. Способ дополнительно содержит многократную модификацию команд управления системой внешней лучевой радиотерапии, используя соответствие.

- 5 Следует понимать, что один или более из вышеупомянутых вариантов осуществления изобретения могут быть объединены до тех пор, пока объединенные варианты осуществления не являются взаимоисключающими.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

- Далее будут описаны предпочтительные варианты осуществления изобретения, 10 только в качестве примера, и со ссылками на чертежи, на которых:

На Фиг. 1 изображена блок-схема последовательности операций, которая иллюстрирует и приводит пример способа;

Фиг. 2 иллюстрирует пример медицинского инструмента;

Фиг. 3 иллюстрирует дополнительный пример медицинского инструмента;

15 Фиг. 4 иллюстрирует дополнительный пример медицинского инструмента;

Фиг. 5 иллюстрирует дополнительный пример медицинского инструмента;

Фиг. 6 иллюстрирует дополнительный пример медицинского инструмента;

Фиг. 7 иллюстрирует дополнительный пример медицинского инструмента;

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

- 20 Аналогично пронумерованные элементы в этих рисунках, либо являются эквивалентными элементами, либо выполняют ту же самую функцию. Элементы, которые обсуждались ранее, не обязательно будут обсуждаться в последующих рисунках, если их функция эквивалентна.

На Фиг. 1 изображена блок-схема последовательности операций, которая

- 25 иллюстрирует пример способа работы медицинского инструмента. Медицинский инструмент содержит систему магнитно-резонансной томографии, выполненную с возможностью получения магнитно-резонансных данных от субъекта в пределах зоны формирования изображения. Система магнитно-резонансной томографии имеет первую систему координат. Медицинский инструмент дополнительно содержит систему внешней

30 лучевой радиотерапии, выполненную с возможностью облучения целевой зоны, и целевая зона находится в пределах зоны формирования изображения. Система внешней лучевой радиотерапии имеет вторую систему координат. Медицинский инструмент дополнительно содержит систему генерации пучка излучения, выполненную с возможностью генерации пучка излучения. Медицинский инструмент дополнительно

35 содержит систему обнаружения пучка излучения, выполненную с возможностью получения данных обнаружения пучка излучения, описывающих пучок излучения во второй системе координат. Способ начинается с этапа 100, где принимаются плановые данные, описывающие пространственно зависимую дозу излучения в целевой зоне.

Далее, на этапе 102 генерируются команды управления системой внешней лучевой

40 радиотерапии с использованием пространственно зависимой дозы излучения. Затем на этапе 104 начинается облучение целевой зоны.

Далее, на этапе 106 система внешней лучевой радиотерапии используется для облучения целевой зоны, используя команды управления системой внешней лучевой радиотерапии. Далее, на этапе 108 генерируются пучки излучения с использованием

45 системы генерации пучка излучения. Затем на этапе 110 измеряются данные обнаружения пучка излучения, используя систему обнаружения пучка излучения. Далее, на этапе 112 получают данные магнитно-резонансной томографии, используя систему магнитно-резонансной томографии. После этого, на этапе 114, магнитно-резонансное изображение

генерируется или восстанавливается с использованием данных магнитно-резонансного изображения. Затем, на этапе 116 магнитно-резонансное изображение совмещается с данными обнаружения пучка излучения. Это совмещение приводит к этапу 118, на котором рассчитывают соответствие между первой системой координат и второй

5 системой координат, используя совмещение. Далее, на этапе 120 команды управления системой внешней лучевой радиотерапии модифицируются, используя соответствие. Если облучение целевой зоны субъекта завершено, то способ переходит к этапу 122, который должен закончить или остановить облучение целевой зоны. Если нет, то метод повторяет этап 106 и цикл между этапами 106 и 120 выполняется до тех пор, пока

10 облучение закончит 122. Этапы 106-120 образуют замкнутый цикл, который учитывает изменения в расхождении между первой системой координат и второй системой координат при облучении целевой зоны.

На Фиг. 2 показан пример медицинского инструмента 200. Медицинский инструмент 200 содержит систему внешней лучевой терапии 202 и систему магнитно-резонансной

15 томографии 204. Система 202 внешней лучевой радиотерапии содержит гентри 206 и источник радиотерапии 208. Гентри 206 устанавливается для вращения источника 208 радиотерапии вокруг оси 240 вращения гентри. Рядом с источником 208 радиотерапии расположен коллиматор 210. Система 204 магнитно-резонансной терапии содержит магнит 212.

20 Так же, можно использовать постоянные или резистивные магниты. Использование различных типов магнитов также возможно, например, также возможно использование, как расщепленного цилиндрического магнита, так и, так называемого, открытого магнита. Расщепленный цилиндрический магнит похож на стандартный цилиндрический магнит, за исключением того, что криостат разделен на две секции, чтобы разрешить

25 доступ к изо-плоскости магнита, такие магниты могут, например, использоваться в сочетании с лучевой терапией заряженными частицами. Открытый магнит имеет две секции магнита, расположенных друг над другом с промежутком между ними, таким, что он является достаточно большим, для приема субъекта: расположение областей двух секций, аналогично катушке Гельмгольца. Открытые магниты популярны, так

30 как субъект менее ограничен. Внутри криостата цилиндрического магнита есть набор сверхпроводящих катушек. В отверстии цилиндрического магнита имеется зона формирования изображения, где магнитное поле сильное и равномерное, достаточное для выполнения магнитно-резонансной томографии.

35 Магнит 212 показанный в данном варианте осуществления представляет собой стандартный цилиндрический сверхпроводящий магнит. Магнит 212 имеет криостат 214 со сверхпроводящими катушками 216 внутри него. Также, внутри криостата имеются сверхпроводящие экранные катушки 218. Магнит 212 имеет отверстие 222.

40 Внутри отверстия магнита находится градиентная катушка 224 магнитного поля для получения магнитно-резонансных данных для пространственного кодирования спинов протонов внутри зоны формирования изображения магнита. Градиентная катушка 224 магнитного поля соединена с источником питания 226 градиентной катушки магнитного поля. Для того, чтобы позволить излучению проходить насквозь без ослабления, градиентная катушка 224 магнитного поля должна представлять собой, как правило, конструкцию расщепленной катушки. Обычно градиентные катушки

45 магнитного поля содержат три отдельных набора катушек для пространственно кодирования в трех ортогональных пространственных направлениях. Источник питания 226 градиентной катушки магнитного поля подает ток на градиентные катушки магнитного поля. Ток, подаваемый на градиентные катушки магнитного поля,

контролируется, как функция времени, и может быть линейным или импульсным.

Имеется радиочастотная катушка 228, соединенная с приемопередатчиком 230.

Радиочастотная катушка 228 примыкает к зоне формирования изображения 232 магнита 212. Зона 232 формирования изображения имеет область сильного магнитного поля и однородности, которой достаточно для выполнения магнитно-резонансной томографии.

5 Радиочастотная катушка 228 может использоваться для манипулирования ориентацией магнитных спинов в зоне формирования изображения и для приема радиопередачи от спинов, также в зоне формирования изображения. Радиочастотная катушка 228, также может 10 содержать несколько элементов катушки. Радиочастотная антenna также может упоминаться, как антenna или канал. Радиочастотная катушка 228 может упоминаться, как канал.

Радиочастотная катушка 228 и радиочастотный приемопередатчик 230 могут быть заменены отдельными передающими и приемными катушками и отдельным 15 передатчиком и приемником. Понятно, что радиочастотная катушка и радиочастотный приемопередатчик являются образцами. Радиочастотная антenna предназначается, чтобы также представлять собой специализированную передающую антенну и специализированную приемную антенну. Подобным образом приемопередатчик также может представлять собой отдельный передатчик и приемник.

Также, внутри отверстия магнита 222 находится опора 234 субъекта для опоры

20 субъекта 236. Опора 234 субъекта может быть установлена с помощью механической системы 237 регулировки положения. Внутри субъекта 236 находится целевая зона 238. Ось 240 вращения гентри является соосной в данном конкретном варианте 25 осуществления с цилиндрической осью магнита 212. Опора 234 субъекта была установлена таким образом, что целевая зона 238 лежит на оси 240 вращения гентри.

Источник 208 излучения изображен, как генерирующий пучок 242 излучения, который проходит через коллиматор 203 и через целевую зону 238. Так как источник 208 излучения вращается вокруг оси 240, целевая зона 238 всегда будет мишенью пучка 242 излучения. Пучок 242 излучения проходит через криостат 214 магнита. Градиентная катушка магнитного поля может иметь промежуток, который делит градиентную 30 катушку магнитного поля на две секции. Если он присутствует, то этот промежуток уменьшает ослабление пучка 242 излучения градиентной катушкой 224 магнитного поля. В некоторых вариантах осуществления радиочастотная катушка 228 также может иметь промежутки или быть разделенной для уменьшения ослабление пучка 242 излучения.

35 Установленная на гентри 206, изображена система 243 формирования портального изображения. Система 243 формирования портального изображения способна получать изображение, используя пучок 242 излучения. Так как гентри вращается, система формирования портального изображения вращается с источником радиотерапии. В этом примере магнит 212 изображен, как магнит цилиндрического типа, и пучок 242 излучения проходит через криостат 214. Различные типы магнитов также могут быть 40 использованы. Может быть использован, так называемый, расщепленный магнит, который может быть разделен на две цилиндрические секции, и пучок 242 излучения может проходить через воздух, а не через криостат 214. Так называемый открытый магнит, который имеет два тороидальных магнита, также может быть использован на 45 этапе 2. Эти альтернативные конструкции магнита могут иметь то преимущество, что пучок 242 излучения не проходит через криостат 214. Это может привести к улучшению портального изображения.

Приемопередатчик 230, источник питания 226 градиентной катушки магнитного

поля и механическая система 237 регулировки положения, все изображены соединенными с аппаратным интерфейсом 246 компьютерной системы 244. Компьютерная система 244 изображена, как дополнительно содержащая процессор 248 для выполнения машинно-исполнимых команд и для управления работой и функционированием

5 терапевтического аппарата. Аппаратный интерфейс 246 позволяет процессору 248 взаимодействовать с и управлять медицинским инструментом 200. Процессор 248 изображен, как дополнительно соединенный с пользовательским интерфейсом 250, запоминающим устройством 252 компьютера, и компьютерной памятью 254.

Запоминающее устройство 252 компьютера изображено, как содержащее плановые

10 данные 260. Плановые данные 260 содержат пространственно зависимые данные, которые описывают требуемую дозу излучения для целевой зоны 238. Запоминающее устройство 252 компьютера дополнительно изображено, как содержащее последовательность 262 импульсов. Последовательность импульсов позволяет

15 процессору 248 управлять системой 204 магнитно-резонансной томографии для получения магнитно-резонансных данных. Запоминающее устройство 252 компьютера дополнительно изображено, как содержащее команды 264 управления внешней лучевой радиотерапией, которые были генерированы из плановых данных 260. Запоминающее

19 устройство 252 компьютера дополнительно изображено, как содержащее магнитно-резонансные данные 266, которые были получены с системой магнитно-резонансной

20 томографии 204, с использованием последовательности 262 импульсов. Запоминающее устройство 252 компьютера дополнительно изображено, как содержащее магнитно-резонансное изображение 268.

Магнитно-резонансное изображение 268 было восстановлено из магнитно-резонансных данных 266. Запоминающее устройство 252 компьютера дополнительно

25 изображено, как содержащее данные 270 обнаружения пучка излучения, которые были получены с использованием системы 243 формирования портального изображения. Запоминающее устройство 252 компьютера дополнительно изображено, как содержащее портальное изображение 272, которое было восстановлено из данных обнаружения

30 пучка излучения 270. Запоминающее устройство 252 компьютера дополнительно изображено, как содержащее совмещение 274 между портальным изображением 272 и магнитно-резонансным изображением 268. Запоминающее устройство 252 компьютера дополнительно изображено, как содержащее соответствие 276. Соответствие 276

35 находится между первой системой координат системы 204 магнитно-резонансной томографии и второй системой координат, принадлежащей системе 202 внешней лучевой радиотерапии.

Компьютерная память 254 изображена, как содержащая модуль управления. Модуль 280 управления содержит компьютерный исполнимый код, который позволяет

39 процессору 248 управлять работой и функционированием медицинского инструмента 200. Например, модуль 280 управления может позволить процессору 248 использовать последовательность 262 импульсов для получения магнитно-резонансных данных 266.

Компьютерная память 254 дополнительно изображена, как содержащая модуль 282 генерации команд управления. Модуль 282 генерации команд управления содержит код, который позволяет процессору 248 генерировать команды управления внешней

45 лучевой радиотерапией 264 из плановых данных 260. Модуль 282 генерации команд управления также содержит код, который позволяет процессору 248 вносить корректизы в команды 264 управления внешней лучевой радиотерапией в соответствии с, или используя, соответствие 276.

Компьютерная память 254 изображена, как дополнительно содержащая модуль 284

восстановления изображения. Модуль 284 восстановления изображения содержит компьютерный исполнимый код, который позволяет процессору 248 восстанавливать магнитно-резонансное изображение 268 из магнитно-резонансных данных 266, а также портальное изображение 272 из данных 270 обнаружения пучка излучения.

- 5 Компьютерная память 254 дополнительно изображена, как содержащая модуль 286 совмещения. Модуль 286 совмещения содержит компьютерный исполнимый код, который позволяет процессору 248 выполнять задачи обработки изображения, такие как совмещение 274 портального изображения 272 с магнитно-резонансным изображением 268. Модуль 286 совмещения изображения может быть запрограммирован
- 10 для идентификации анатомических ориентиров, или даже идентификации присутствия атомов с опознавательными метками или силуэт субъекта 236.

На Фиг. 3 изображен медицинский инструмент 300, аналогичный, изображенном на Фиг. 2. Тем не менее, в этом варианте осуществления имеется два рентгеновских генератора 302 узкого рентгеновского пучка, изображенных прикрепленными к внешней 15 поверхности магнита 212. Они направлены таким образом, что, когда они генерируют узкий пучок рентгеновских лучей 304, он попадает в портальную камеру 243. От того, где изображение узкого пучка рентгеновских лучей 304 изображено на портальном изображении 272, может быть сделано заключение о соответствии 276 между первой системой координат и второй системой координат. Для учета вращения системы 20 формирования портального изображения 243 с гентри, которая вращается с источником радиотерапии и системой формирования портального изображения, может иметься определенное число генераторов узкого рентгеновского пучка, установленных на системе 204 магнитно-резонансной томографии.

На Фиг. 4 изображен медицинский инструмент 400, аналогичный изображеному на Фиг. 2 и 3. По сравнению с Фиг. 2, Фиг. 4 отличается от Фиг. 2 тем, что опора 234 субъекта содержит фантом 402. Фантом 402 находится внутри зоны формирования изображения 232 и будет виден в магнитно-резонансном изображении 268. Фантом может быть изготовлен из двух или более материалов, которые показывают контраст в магнитно-резонансном изображении. Два или более материалов могут также показать 30 контраст в изображении рентгеновского типа, таким образом, что они будут видны в портальном изображении 272. Пучок 242 излучения изображен, как проходящий через фантом 402. Совмещение 274 может быть определено сравнением портального изображения 272 с магнитно-резонансным изображением 268 и отмечая расположение фантома 402 в обоих изображениях.

На Фиг. 5 изображен медицинский инструмент 500, который аналогичен изображеному на Фиг. 2, 3 и 4. По сравнению с Фиг. 2 медицинский инструмент 500 на Фиг. 5 отличается тем, что в нем два генератора узкого рентгеновского пучка 300', 302", которые установлены на внешней поверхности магнита 212. Источник 302' узкого рентгеновского пучка производит узкий рентгеновский пучок 304', который направлен 40 на матрицу 502 датчиков обнаружения рентгеновского излучения, установленную на гентри 206. В некоторых вариантах осуществления матрица 302 датчиков зафиксирована относительно магнита 212 и не вращается с гентри 206. В других вариантах осуществления может быть большое количество датчиков 502, которые вращаются с гентри 206. В любом случае, матрица 502 датчиков может обнаружить узкий 45 рентгеновский пучок 304' и определить положение системы 204 магнитно-резонансной томографии относительно системы 202 внешней лучевой радиотерапии. В случае, когда имеется большое количество датчиков 502, и они вращаются с гентри 206, датчики 502, также будут способны обнаружить угловое положение источника 208 радиотерапии

относительно системы координат магнита 212. Система 202 внешней лучевой радиотерапии также имеет основание или подставку, которая имеет вторую матрицу 502' датчиков, установленную на ней. Источник 302" узкого рентгеновского пучка направляет узкий рентгеновский пучок 304" на вторую матрицу 302' датчиков. Матрица 502' датчиков также обеспечивает данные, описывающие положение системы 204 магнитно-резонансной томографии, относительно системы 202 внешней лучевой радиотерапии. Могут присутствовать один или оба источников 302', 302" узкого рентгеновского пучка.

На Фиг. 6 изображен медицинский инструмент 600, который во многом схож с

медицинскими инструментами, изображенными на Фиг. 2-5. Имеется система 243 формирования портального изображения, а также дополнительные генераторы 302 узкого рентгеновского пучка. В этом примере протонный пучок 602 направлен на целевую зону 238. Пучок протонов обеспечивается ускорителем 604 частиц, который не изображен на этой диаграмме. Заряженные частицы или объекты 606 пучка протонов захватывают пучок протонов 602 и направляют его на целевую зону 238. В этом примере используется, так называемый, расщепленный магнит. Магнит 212', 212" разделен на две половины. Радиочастотная катушка также изображена, как имеющая промежуток для прохождения через него пучка 602 протонов. Радиочастотная катушка 228 и опора 234 субъекта не изображены, как имеющие промежуток, но они могут также иметь промежуток для содействия протонному пучку 602, проходящего с минимальным ослаблением. В этом примере портальная камера 243 используется для создания элементарного изображения субъекта 236, используя излучение, генерируемое протонным пучком 602.

На Фиг. 7 изображен вариант осуществления медицинского инструмента 700,

аналогичный изображенному на Фиг. 3. Тем не менее, в примере, изображенном на Фиг. 7 используется конструкция расщепленного магнита. Магнит состоит из двух половин, 212' и 212". Пучок 242 излучения может свободно проходить в промежутке между двумя половинами магнита 212', 212".

Для интегрированной системы магнитного резонанса и линейного ускорителя точное

совместное совмещение между соответствующими системами координат (выравнивание) полезно для работы и клинического использования. Правила требуют постоянного контроля качества таких критических системных параметров. Высокие стандарты должны быть использованы при проектировании системы для минимизации геометрических допусков и повышения механической стабильности системы. Большие объемы и размеры системы, так же, как и изменение параметров окружающей среды (например, температуры), однако, может привести к отклонениям от идеального выравнивания. Эти отклонения могут привести к несоответствию между расположением изображаемой анатомии (MR) и предполагаемым соответствующим расположением применяемого терапевтического облучения (LINAC). Это, в свою очередь, приведет к неправильному лечению. Помимо очевидно возможных негативных побочных эффектов для пациента, это может привести к серьезным регуляторным последствиям.

Неспособность контролировать выравнивания подсистем системы МР-ЛУ (например, из-за механических допусков, деформации структуры системы, влияния окружающей среды) может привести к незамеченным неправильным лечениям и серьезным последствиям.

Примеры медицинских инструментов в этом документе, могут использовать средства обработки изображений и, возможно, интегрированные рентгеновские навигаторы для определения и контроля систем координат магнитного резонанса и линейного

ускорителя. Необходимые измерения могут быть сделаны до, во время и после лечения. Совместное смещение измеренных данных позволяет определить текущее преобразование между системами очень быстро. Эти параметры преобразования могут быть использованы для коррекции формирования изображений и планирования

5 отклонений или для прекращения лечения.

Используя детекторы рентгеновского излучения в системе МР-ЛУ и источник излучения, может быть сгенерировано изображение (известное, как формирование портального изображения). Из-за высокой энергии излучения и характеристик

поглощения ткани, качество таких изображений ограничено. Это, однако, достаточно,

10 для определения ориентиров. В сочетании с дополнительной анатомической информацией (например, сегментация мишеней, органы под угрозой и контур тела,

фиксация пациента в известном положении), соответствующие ориентиры могут быть

(автоматически) идентифицированы в магнитно-резонансном изображении. Эти

ориентиры могут быть точками или поверхностями (на основе конус-лучевой

15 компьютерной томографии портальной визуализации и 3D данных МР).

Затем можно вычислить (аффинное) преобразование между двумя наборами данных.

Эти параметры преобразования, затем могут быть использованы для преобразования последовательных данных изображения или прекращения терапии, если отклонение выравнивания становится слишком большим. Этот способ может быть использован

20 до, во время или после сессий за короткий промежуток времени.

Дополнительно, несколько небольших источников рентгеновского излучения

(например, миниатюрной конструкции или на основе нанотрубки) могут быть

размещены внутри/на магнитно-резонансной системы (например, криостата) и служить

25 в качестве «навигаторов» (или редко дискретных минимальных «изображений») и быть

направлены на детектор формирования портального изображения или нескольких

микро-детекторов, размещенных на гентри линейного ускорителя. Подобно подходу

формирования портального изображения, эта информация затем может быть

использована для совместном смещении, но без дополнительной дозы пациента и

времени формирования изображения из-за формирования портального изображения,

30 позволяющего осуществлять мониторинг в режиме реального времени правильного

выравнивания.

Совмещение систем координат также позволяет вывести характеристики поглощения

структур для плановой адаптации (на основе формирования портального изображения)

и накопления дозы (Q&A).

35 В то время, как изобретение было проиллюстрировано и подробно описано на

чертежах и в вышеупомянутом описании, такие иллюстрации и описание следует

рассматривать иллюстративными и примерными, и не ограничивающими; изобретение

не ограничивается описанными вариантами осуществления.

Другие вариации, раскрытых здесь вариантов осуществления, могут быть доступны

40 и осуществлены специалистами в данной области техники при практическом

использовании заявленного изобретения, при изучении чертежей, описания и

прилагаемой формулы изобретения. В формуле изобретения слово "содержащий" не

исключает других элементов или этапов, а употребление единственного числа не

45 исключает множественного числа. Один процессор или другой блок может выполнять

функции нескольких элементов, перечисленных в формуле изобретения. Сам по себе

тот факт, что определенные измерения, перечисленные во взаимно различных зависимых

пунктах формулы изобретения, не указывает, что сочетание этих измерений не может

быть использовано с выгодой. Компьютерная программа может храниться/раздаваться

на подходящем носителе, таком, как оптический носитель информации или твердотельный носитель, поставляемых совместно, или как часть другого аппаратного средства, но также могут раздаваться в других формах, таких как через Интернет или другие проводные или беспроводные телекоммуникационные системы. Любые
⁵ ссылочные обозначения в формуле изобретения не должны быть истолкованы, как ограничивающие объем изобретения.

СПИСОК НОМЕРОВ ПОЗИЦИЙ

- 200 медицинский инструмент
- 202 система внешней лучевой радиотерапии
- ¹⁰ 204 система формирования магнитно-резонансного изображения
- 206 гентри
- 208 источник радиотерапии
- 210 коллиматор
- 212 магнит
- ¹⁵ 212' часть расщепленного магнита
- 212" часть расщепленного магнита
- 214 криостат
- 216 сверхпроводящая катушка
- 218 сверхпроводящая экранная катушка
- ²⁰ 222 отверстие
- 224 градиентная катушка магнитного поля
- 226 источник питания градиентной катушки магнитного поля
- 228 радиочастотная катушка
- 230 приемопередатчик
- ²⁵ 232 зона формирования изображения
- 234 опора субъекта
- 236 субъект
- 237 механическая система регулировки положения
- 238 целевая зона
- ³⁰ 240 ось вращения гентри
- 242 пучок излучения
- 243 система формирования портального изображения
- 244 компьютерная система
- 246 аппаратный интерфейс
- ³⁵ 248 процессор
- 250 пользовательский интерфейс
- 252 запоминающее устройство компьютера
- 254 компьютерная память
- 260 плановые данные
- ⁴⁰ 262 последовательность импульсов
- 264 команды управления внешней лучевой радиотерапией
- 266 магнитно-резонансные данные
- 268 магнитно-резонансное изображение
- 270 данные обнаружения пучка излучения
- ⁴⁵ 272 портальное изображение
- 274 совмещение
- 276 соответствие
- 280 модуль управления

282 модуль генерации команды управления
 284 модуль восстановления изображения
 286 модуль совмещения
 300 медицинский инструмент
⁵ 302 генератор узкого рентгеновского пучка
 302' генератор узкого рентгеновского пучка
 302" генератор узкого рентгеновского пучка
 304 узкий рентгеновский пучок
 304' узкий рентгеновский пучок
¹⁰ 304" узкий рентгеновский пучок
 400 медицинский инструмент
 402 фантом
 500 медицинский инструмент
 502 матрица датчиков обнаружения рентгеновского излучения
¹⁵ 502' матрица датчиков обнаружения рентгеновского излучения
 600 медицинский инструмент
 601 источник пучка протонов
 602 пучок протонов
 604 ускоритель частиц
²⁰ 606 оптика протонного пучка
 700 медицинский инструмент

(57) Формула изобретения

1. Медицинский инструмент (200, 300, 400, 500, 600, 700), содержащий:
- ²⁵ - систему (204) магнитно-резонансной томографии, выполненную с возможностью получения магнитно-резонансных данных (266) от субъекта (236) в пределах зоны (232) формирования изображения, причем система магнитно-резонансной томографии имеет первую систему координат;
- систему (202) внешней лучевой радиотерапии, выполненную с возможностью облучения целевой зоны (238), причем целевая зона находится в пределах зоны формирования изображения, причем система внешней лучевой радиотерапии имеет вторую систему координат;
- ³⁰ - систему (208, 302, 302', 302") генерации пучка излучения, выполненную с возможностью генерации пучка (242, 304, 304', 304") излучения высокой энергии, имеющего терапевтический эффект;
- ³⁵ - систему (243, 502, 502') обнаружения пучка излучения, выполненную с возможностью получения данных (270) обнаружения пучка излучения, описывающие пучок излучения во второй системе координат;
- память (254) для хранения машинно-исполнимых команд (280, 282, 284, 286);
- ⁴⁰ - процессор (248) для выполнения машинно-исполнимых команд, причем выполнение команд предписывает процессору принимать (100) плановые данные (260), описывающие пространственно-зависимую дозу излучения в целевой зоне, причем выполнение команд дополнительно предписывает процессору генерировать (102) команды (264) управления внешней лучевой радиотерапией, используя пространственно- зависимую дозу излучения, причем выполнение команд предписывает процессору многократно:
- управлять (106) системой внешней лучевой радиотерапии для облучения целевой зоны, используя команды управления системой внешней лучевой радиотерапии;
- генерировать (108) пучки излучения, используя систему генерации пучка излучения;

- измерять (110) данные обнаружения пучка излучения, используя систему обнаружения пучка излучения;
 - получать (112) данные магнитно-резонансной томографии, используя систему магнитно-резонансной томографии,
 - 5 - генерировать (114) магнитно-резонансное изображение (268), используя данные магнитно-резонансного изображения,
 - определять (116) совмещение (274) магнитно-резонансного изображения с данными обнаружения пучка излучения;
 - вычислять (118) соответствие (276) между первой системой координат и второй 10 системой координат, используя совмещение; и
 - модифицировать команды управления системой внешней лучевой радиотерапии, используя соответствие, причем
 - система обнаружения пучка излучения содержит систему (243) формирования портального изображения для получения портального изображения (272) субъекта,
 - 15 при этом портальное изображение переносится пучком излучения высокой энергии, причем данные обнаружения пучка излучения содержат портальное изображение, и
 - выполнение команд дополнительно предписывает процессору, по меньшей мере, частично вычислять соответствие посредством совмещения портального изображения с магнитно-резонансным изображением.
- 20 2. Медицинский инструмент по п. 1, в котором выполнение команд дополнительно предписывает процессору управлять системой внешней лучевой радиотерапии для получения портального изображения, используя излучение, проходящее через субъекта.
3. Медицинский инструмент по п. 2, в котором выполнение команд дополнительно предписывает процессору:
- 25 - определять анатомический ориентир субъекта в портальном изображении;
 - определять анатомический ориентир в магнитно-резонансном изображении, при этом совмещение портального изображения с магнитно-резонансным изображением выполняется, по меньшей мере, частично с использованием анатомического ориентира.
4. Медицинский инструмент по п. 3, в котором анатомический ориентир представляет собой одно из следующего: переход между костной и мягкой тканью, имплантированная 30 координатная метка, а также внешняя поверхность субъекта.
5. Медицинский инструмент по п. 4, в котором система магнитно-резонансной томографии содержит опору (234) субъекта, причем опора субъекта содержит фантом (402), причем фантом содержит, по меньшей мере, одну контрольную точку,
- 35 идентифицируемую в портальном изображении и магнитно-резонансном изображении, причем выполнение команд дополнительно предписывает процессору, по меньшей мере, частично вычислять соответствие посредством совмещения, по меньшей мере, одной контрольной точки в портальном изображении с, по меньшей мере, одной контрольной точкой в магнитно-резонансном изображении.
6. Медицинский инструмент по п. 1, в котором система генерации пучка излучения 40 содержит генератор (302', 302'') узкого рентгеновского пучка для генерации узкого рентгеновского пучка, причем генератор узкого рентгеновского пучка прикреплен к системе магнитно-резонансной томографии, причем память содержит пространственную калибровку, описывающую путь узкого рентгеновского пучка относительно поля зрения системы магнитно-резонансной томографии, и причем система обнаружения пучка излучения установлена на системе внешней лучевой радиотерапии, и причем 45 данные обнаружения пучка излучения описывают путь узкого рентгеновского пучка через систему обнаружения рентгеновского излучения.

7. Медицинский инструмент по п. 6, в котором система магнитно-резонансной томографии выполнена с возможностью поддержки субъекта вдали от пути узкого рентгеновского пучка.

8. Медицинский инструмент по п. 6, в котором система обнаружения пучка излучения 5 содержит систему (243) формирования портального изображения для получения портального изображения (272) субъекта при облучении целевой зоны, используя систему внешней лучевой радиотерапии, причем система формирования портального изображения выполнена с возможностью обнаружения узкого рентгеновского пучка, причем выполнение команд дополнительно предписывает процессору, по меньшей 10 мере, частично вычислять соответствие посредством совмещения портального изображения с пространственной калибровкой.

9. Медицинский инструмент по п. 6, в котором система обнаружения пучка излучения дополнительно содержит матрицу (502, 502') датчиков обнаружения рентгеновского излучения, выполненную с возможностью обнаружения путем узкого рентгеновского 15 пучка через датчик обнаружения рентгеновского излучения.

10. Медицинский инструмент по п. 9, в котором система внешней лучевой радиотерапии имеет изоцентр, причем модифицированные команды управления системой внешней лучевой радиотерапии предписывают медицинскому инструменту выравнивать изоцентр с целевой зоной.

11. Медицинский инструмент по любому из предшествующих пунктов, в котором выполнение команд предписывает процессору выполнять любое из следующего: управление системой внешней лучевой радиотерапии, чтобы остановить облучение целевой зоны, если соответствие указывает на разницу между первой системой координат и второй системой координат, которая больше, чем первое заранее заданное пороговое 25 значение, отображение предупреждающего сообщения на дисплее, автоматическую регулировку облучения системы внешней лучевой радиотерапии, автоматическую регулировку получения данных магнитно-резонансной томографии, управление системой внешней лучевой радиотерапии, чтобы остановить облучение целевой зоны, если временное изменение в соответствии больше, чем второе, заранее определенное, 30 пороговое значение, а также сочетания этого.

12. Медицинский инструмент по п. 1, в котором система внешней лучевой радиотерапии содержит любое одно из следующего: системы пучка протонов и системы электронного пучка, системы пучка заряженных частиц и линейного ускорителя.

13. Способ работы медицинского инструмента (200, 300, 400, 500, 600, 700), в котором инструмент содержит систему (204) магнитно-резонансной томографии (204), выполненную с возможностью получения магнитно-резонансных данных (266) от субъекта (236) в пределах зоны (232) формирования изображения, причем система магнитно-резонансной томографии имеет первую систему координат, причем инструмент дополнительно содержит систему (202) внешней лучевой радиотерапии, выполненную 35 с возможностью облучения целевой зоны (238), причем целевая зона находится в пределах зоны формирования изображения, причем система обнаружения пучка излучения имеет вторую систему координат, причем инструмент дополнительно содержит систему (208, 302, 302', 302'') генерации пучка излучения, выполненную с возможностью генерации пучка (242, 304, 304', 304'') излучения высокой энергии, 40 имеющего терапевтический эффект, причем инструмент дополнительно содержит систему (243, 502, 502') обнаружения пучка излучения, выполненную с возможностью получения данных обнаружения пучка излучения, описывающих пучок излучения во второй системе координат, причем способ содержит прием (100) плановых данных 45

(260), описывающих пространственно-зависимую дозу излучения в целевой зоне, причем способ дополнительно содержит генерирование (102) команд (264) управления внешней лучевой радиотерапией, используя пространственно- зависимую дозу облучения, причем способ дополнительно содержит этапы, на которых:

- 5 - управляют (106) системой внешней лучевой радиотерапии для облучения целевой зоны, используя команды управления системой внешней лучевой радиотерапии;
- генерируют (108) пучок излучения, используя систему генерации пучка излучения;
- измеряют (110) данные обнаружения пучка излучения, используя систему обнаружения пучка излучения;
- 10 - получают (112) данные магнитно-резонансной томографии, используя систему магнитно-резонансной томографии,
- восстанавливают (114) магнитно-резонансное изображение (268), используя данные магнитно-резонансного изображения,
- определяют (116) совмещение (274) между магнитно-резонансным изображением и данными обнаружения пучка излучения;
- 15 - вычисляют (118) соответствие (276) между первой системой координат и второй системой координат, используя совмещение; и
- модифицируют (120) команды управления системой внешней лучевой радиотерапии, используя соответствие,
- 20 и причем
 - система внешней лучевой радиотерапии содержит источник (208) пучка излучения для облучения целевой зоны, причем система генерации пучка излучения содержит источник пучка излучения, причем система обнаружения пучка излучения содержит систему (243) формирования портального изображения для получения портального изображения (272) субъекта, причем портальное изображение переносится пучком излучения высокой энергии, причем данные обнаружения пучка излучения содержат портальное изображение, причем выполнение команд дополнительно предписывает процессору, по меньшей мере, частично вычислять соответствие посредством совмещения портального изображения и магнитно-резонансного изображения.

30

35

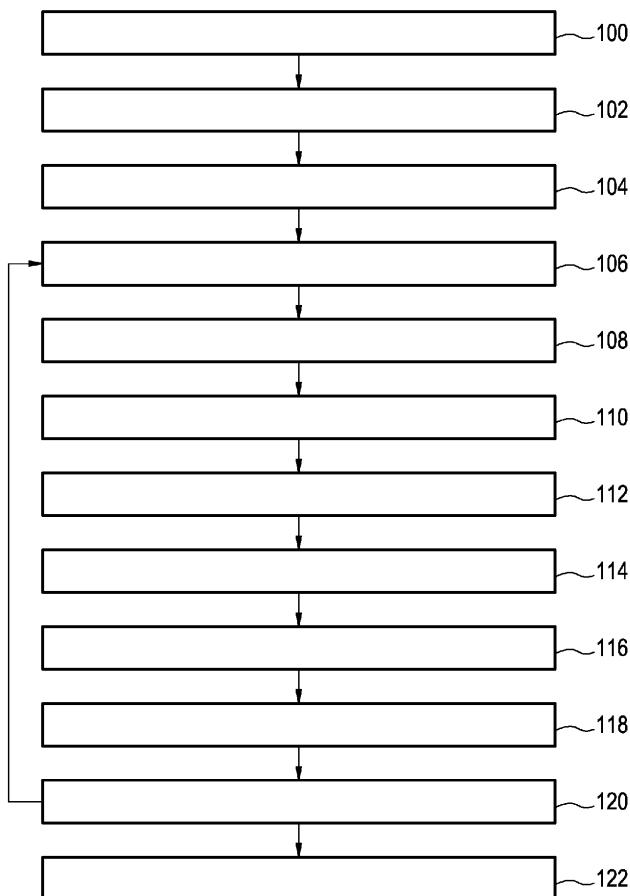
40

45

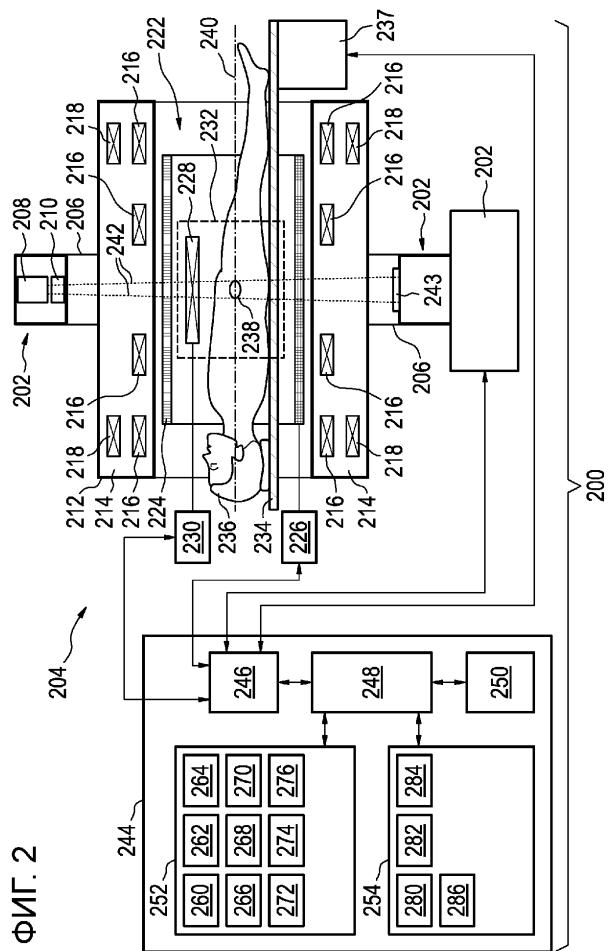
532619

1/7

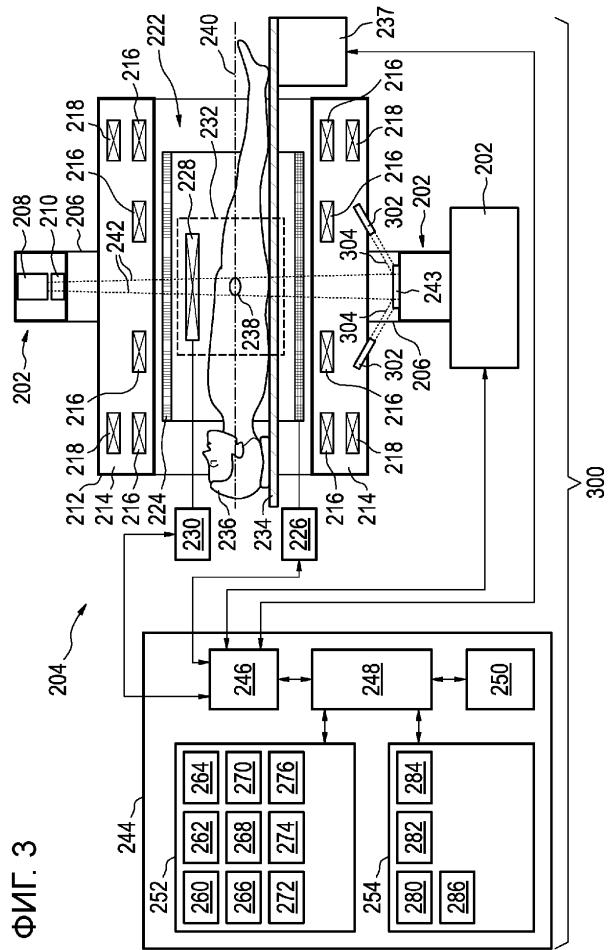
ФИГ. 1



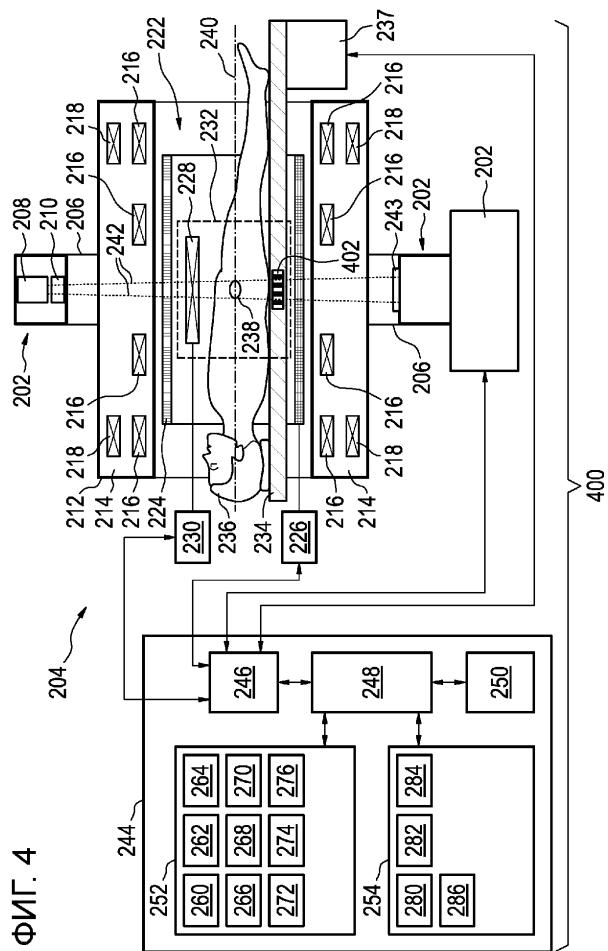
2/7



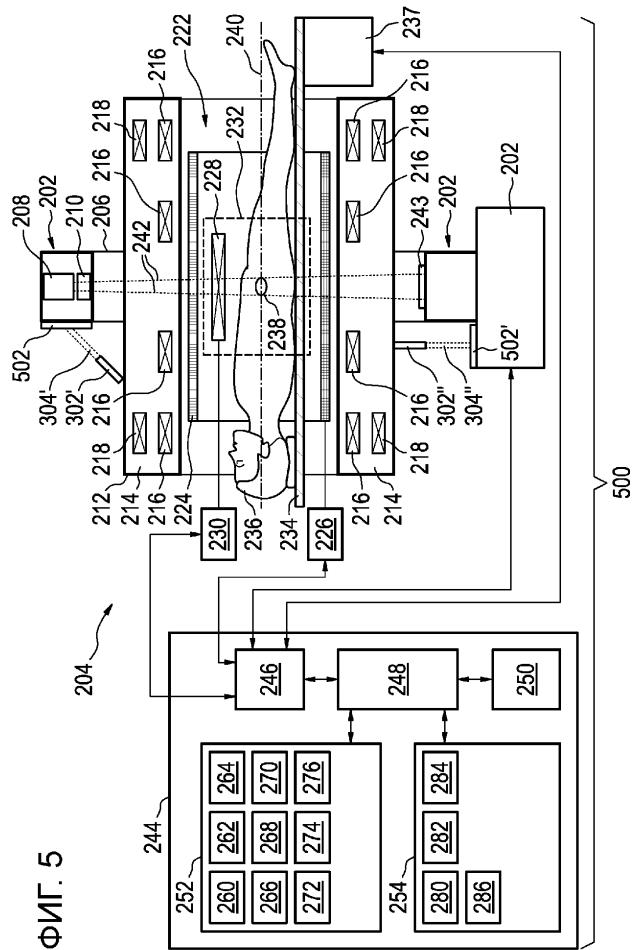
3/7



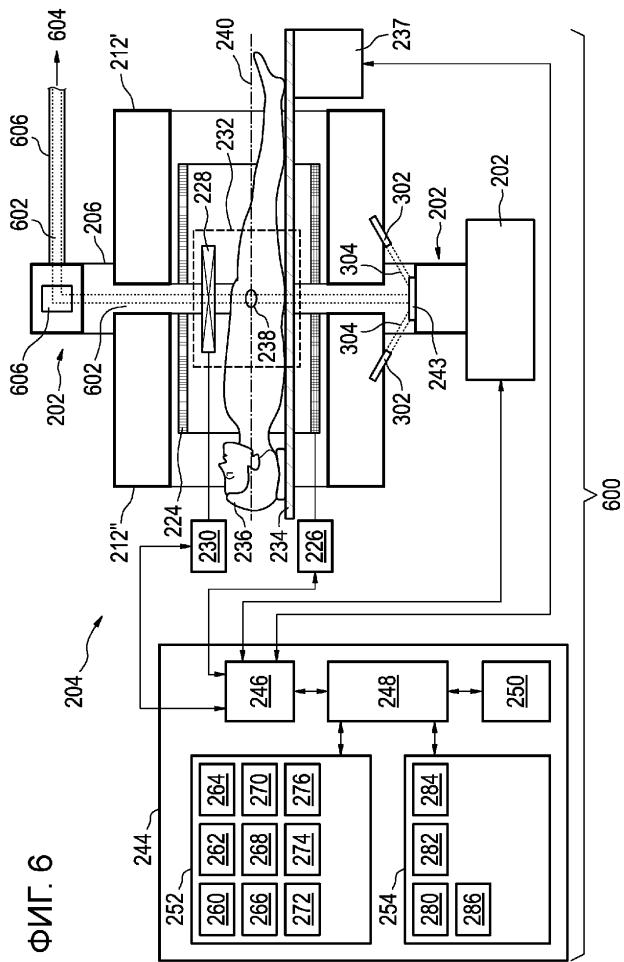
4/7



5/7



6/7



7/7

