

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

ВЕРИФИКАЦИЯ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ ТОМОТЕРАПИИ С ПОМОЩЬЮ МАТРИЦЫ ДЕТЕКТОРОВ «DELTA⁴ PHANTOM+»

Досанбек Айшат Мерболатовна

aishat.duisenova@mail.ru

Магистрант Международной кафедры ядерной физики, новых материалов и технологий

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – к.ф.-м.н., Ph.D. А. А. Баратова

В 2022 году в Казахстане было зарегистрировано более 39 тысяч новых случаев онкологических заболеваний [1]. При этом, одним из ключевых методов лечения таких заболеваний является лучевая терапия. К современным методам дистанционной лучевой терапии относится томотерапия, представляющая собой гибрид линейного ускорителя электронов и детекторов компьютерной томографии [2].

Использование высокотехнологичных методов лучевой терапии увеличивает риск возникновения ошибок, которые могут повлиять на лечение пациента [3]. Поскольку данные ввода в эксплуатацию, алгоритм расчета дозы, производительность компонентов радиотерапевтической установки способствуют неопределенностям в лучевой терапии [4]. Обеспечение точности дозиметрии фотонного пучка является одной из основных задач медицинских физиков.

Процесс планирования томотерапии состоит из нескольких этапов, одним из которых является дозиметрическое планирование (расчет дозы). Непосредственно перед проведением сеанса облучения пациента медицинским физиком проводится индивидуальная верификация рассчитанного плана облучения.

На сегодняшний день существуют различные методы проверки дозиметрических планов с помощью физико-технического оборудования. Верификация дозиметрического плана заключается в сравнении рассчитанного и измеренного дозовых распределений. Поиск оптимальных методов верификации лечебных планов является актуальным в настоящее время.

Стандартным методом проверки планов томотерапии является пленочная дозиметрия с использованием ионизационной камеры, но использование данного метода является времязатратным [5]. В связи с этим, поиск новых менее затратных, современных методов проверки томотерапевтических планов является актуальной задачей, стоящей перед медицинскими физиками.

В данной работе предложен метод верификации дозиметрических планов томотерапии с помощью матрицы детекторов «Delta⁴ Phantom+» (далее Delta⁴).

Матрица детекторов Delta⁴ (Scandidos, Уппсала, Швеция), представленная на рисунке 1, состоит из 1069 кремниевых диодов р-типа, распределенных в корональной и сагиттальной плоскостях фантома с двумя перпендикулярными двумерными матрицами, которые позволяют проводить верификацию планов томотерапии. Расстояние между детекторами в центре фантома составляет 5 мм, в периферийной части 10 мм (рисунок 2). Встроенное программное обеспечение импортирует рассчитанные данные из системы планирования и выполняет гамма-анализ с использованием данных всей матрицы [6].

С 2022 по 2023 годы в Международном онкологическом центре томотерапии «Умит» было пролечено около 414 пациентов. Для проведения анализа результатов верификации дозиметрических планов томотерапии были отобраны 184 пациента со случаями: тотальное облучение головного мозга, пищевод, молочная железа с регионарными лимфоузлами, прямая кишка с лимфоузлами. Предписанные дозы были рассчитаны в системе планирования томотерапии методом свертки/суперпозиции. В дозиметрических планах использовались различные значения параметров, таких как «modulation factor», «pitch», «field width».



Рисунок 1 - Фантом Delta⁴

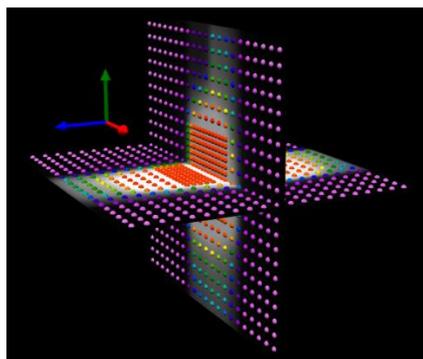


Рисунок 2 - Расположение детекторов в фантоме

Верификация дозиметрических планов 184 пациентов была проведена с помощью фантома Delta⁴ на радиотерапевтической установке «Tomotherapy HD». Результаты измерений были оценены в программном обеспечении с помощью гамма анализа, основанного на определении гамма-индекса с использованием глобальной нормировки. Нижний порог отсечки точек распределения был установлен как: не ниже 20 %. Тolerантные пределы были заданы как: $\gamma < 1$ для 95 % точек (3 %/3 мм). Допустимые пределы: $\gamma < 1$ для 90 % точек (3 %/3 мм). Данные критерии являются клиническим стандартом.

Таким образом, результаты измерений, в которых гамма-индекс был равен или больше 90%, являлись удовлетворительными.

На рисунке 3 изображено сравнение рассчитанной и измеренной доз в программном обеспечении.

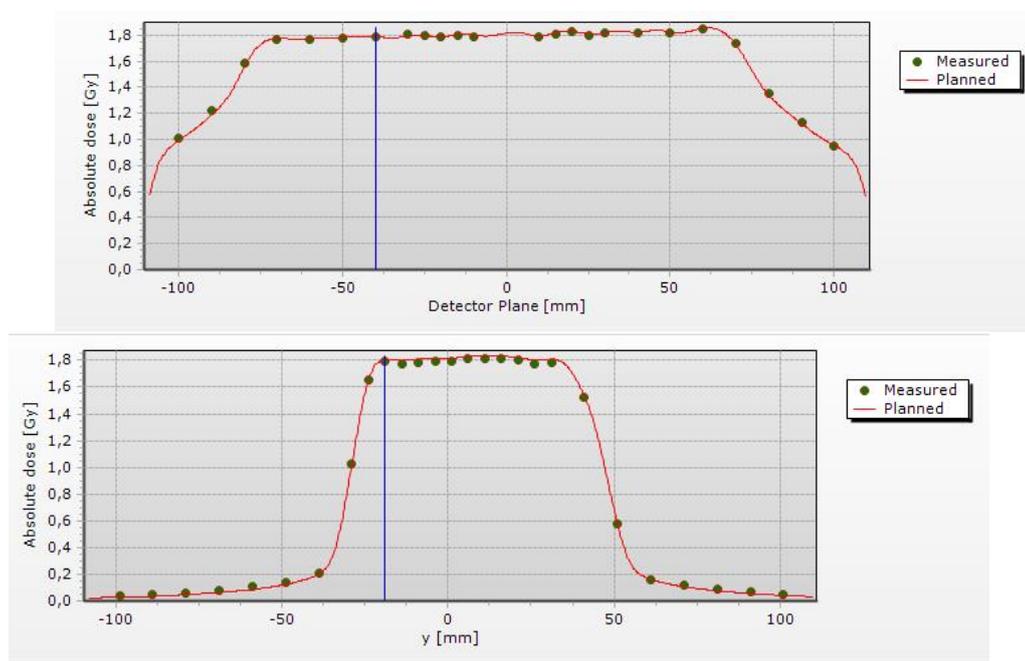


Рисунок 3 - Профили рассчитанной и измеренной доз

На рисунке 4 (а-в) в качестве примера показаны результаты гамма анализа. Диаграмма рисунка 4а отображает количество точек измеренного дозного распределения, в которых доза отклоняется не более чем на 3% от рассчитанного. На рисунке 4б график показывает количество точек, расположенных на оцениваемой изодозе, которые не отличаются от точек запланированной изодозы более чем на 3 мм. Использование этих двух факторов «Dose

Deviation (DD)» и «Distance to Agreement (DTA)» показывает насколько смещены друг от друга рассчитанные и измеренные изодозы, а также насколько отличаются значения доз. Гамма-индекс включает в себя комплексный анализ, в котором две переменные объединяются в один параметр. На рисунке 4в показано количество точек, которые соответствуют критерию 3%/3мм.

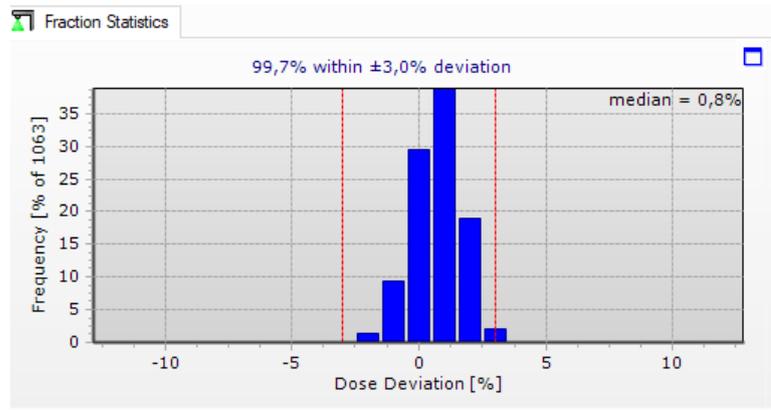


Рисунок 4 (а) - Результаты гамма анализа (DD)

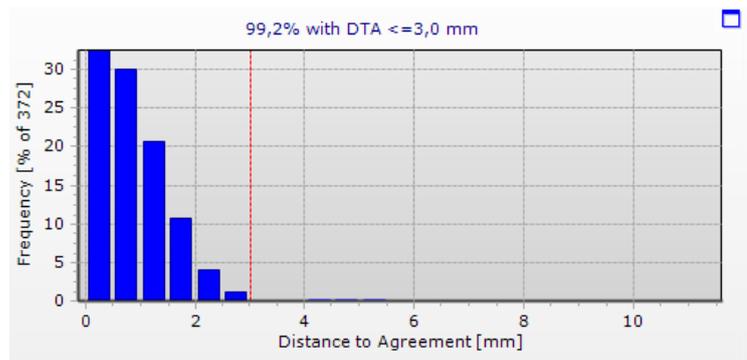


Рисунок 4 (б) - Результаты гамма анализа (DTA)

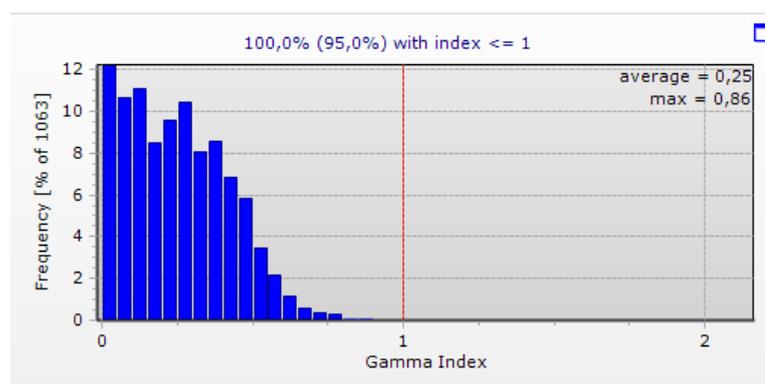


Рисунок 4 (в) - Результаты гамма-индекса

Результаты гамма-анализа, полученные с помощью матрицы детекторов Delta⁴, для 4 локализаций приведены в Таблице 1. Среднее значение гамма-индекса составило 99,6%, с соответствующим стандартным отклонением 0,39. Результаты измерений варьировались от 95% до 100%.

Для определения зависимости гамма-индекса от локализации был проведен статистический анализ результатов измерений, которые приведены в Таблице 2. Около 86,95% случаев имели показатели гамма-индекса выше чем 99%. Согласно Таблице 2 случаи головного мозга с большим объемом мишени имели самые высокие показатели гамма-индекса (99-100%), тогда как в случае пищевода, где объем мишени меньше, гамма-индекс показал наименьшие значения (95-97%).

Таким образом, значения гамма-индекса тем выше, чем больше (шире) облучаемый объем.

Таблица 1 - Результаты гамма-анализа для различных локализаций

| | Локализация | Количество пациентов | Показатели гамма-анализа (%) | |
|------------------------|-----------------|----------------------|------------------------------|------------------------|
| | | | Среднее значение | Стандартное отклонение |
| | Головной мозг | 11 | 99,95 | 0,09 |
| | Пищевод | 27 | 99,06 | 1,25 |
| | Молочная железа | 106 | 99,57 | 0,84 |
| | Прямая кишка | 40 | 99,82 | 0,32 |
| Стандартное отклонение | | | 0,39 | |
| Среднее значение | | | 99,6 | |

Таблица 2 - Гамма-индекс 184 планов верификаций томотерапии

| Гамма-индекс | Головной мозг | Пищевод | Молочная железа | Прямая кишка | Количество пациентов | Процент |
|--------------|---------------|---------|-----------------|--------------|----------------------|---------|
| 0-95% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% |
| 95-97% | 0 | 4 | 4 | 0 | 8 | 4,3% |
| 97-99% | 0 | 4 | 9 | 3 | 16 | 8,7% |
| 99-100% | 11 | 19 | 93 | 37 | 160 | 86,95% |

Все результаты измерений, выполненные с помощью матрицы детекторов Delta⁴, составили более 95%, а среднее значение гамма-индекса составило 99,6%.

Полученные результаты показали, что значение гамма-индекса зависит от объема облучения, причем эта зависимость может быть связана с расположением детекторов в фантоме.

Проведение верификации дозиметрических планов томотерапии с помощью матрицы детекторов Delta⁴ позволяет оценивать параметры плана во всей области облучения и имеет преимущества по сравнению с другими методами, такие как простая и быстрая реализация, беспроводная передача данных, пространственное разрешение - возможность объединять два плана, результаты - высокие показатели гамма-индекса.

Список использованных источников

1 Bizmedia.kz Казахстан подписал комплексный план по борьбе с онкологическими заболеваниями на 2023-2027 годы // Дзен, 2023. <https://dzen.ru/a/ZR-BJCQpoAgw2ubD>.

2 Мечев Д.С., Красносельский Н.В., Сихарулидзе М.Г., Серегина Н.М., Гуменюк Е.В., Гуменюк Н.Б. Томотерапия – передовая технология дистанционной лучевой терапии // Ukrainian Journal of Radiology, 2015, 23(4), С. 52-57.

3 Aland T.J. Quality assurance of complex radiotherapy treatments using high-resolution 2D dosimeters, 2021, P. 2-4.

4 Desai V., Bayouth J., Smilowitz J., Yadav P. A clinical validation of the MR-compatible Delta4 QA system in a 0.35 tesla MR linear accelerator // Journal of Applied Clinical Medical Physics, 2021, 22(4), P. 82-91.

5 Salz H., Howitz S., Brachwitz T., Wiezorek T. Patient-related QA for helical tomotherapy with Delta4: analysis of the results // Current Directions in Biomedical Engineering, 2017, 3(2), P. 635-638.

6 Cho S., Goh Y., Kim C., Kim H., Jeong J.H., Lee S.B., Lim Y., Shin D. Patient QA system using Delta⁴ phantom for tomotherapy: a comparative study with EBT3 film // Journal of the Korean Physical Society, 2019, 74(8), P. 816-821.

7 Acun-Bucht H., Tuncay E., Darendeliler E., & Kemikler G. Absolute dose verification of static intensity modulated radiation therapy (IMRT) with ion chambers of various volumes and TLD detectors // Reports of Practical Oncology & Radiotherapy, 2018, 23(4), P. 242-250.

8 Fusella M., Cavinato S., Germani A., Paiusco M., Pivato N., Rossato M. A., & Scaggion, A. Analysis of clinical patient-specific pre-treatment quality assurance with the new helical tomotherapy platform, following the AAPM TG-218 report // Radiation Oncology, 2021, 16(226), P. 1-7.

9 Kammak S., Khachonkham S., Changkaew P., & Stansook, N. An evaluation of two-dimensional array ion chambers for patient-specific quality assurance of Tomotherapy HDATM // Journal of Thai Association of Radiation Oncology, 2023, 29(1), P. 89-107.

УДК 615.849

МЕДИЦИНАЛЫҚ БЕЙНЕЛЕУДІҢ ФРАКТАЛДЫҚ ТАЛДАУЫ

Айсауыт Мөлдір Амантайқызы

molya.mjb@mail.ru

Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар халықаралық кафедрасының 2 курс магистранты, Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекші – к.ф.-м.н., Ph.D, доцент А.А.Баратова

Суреттегі күрделі нысандарды Евклидтік геометриямен сипаттау мүмкін емес болғандықтан Хаусдорф (1) нақты мәндерді пайдалана отырып күрделі объектілердің өлшемдерін өлшеу әдісін енгізіп, оны фракталдық өлшем (FD) деп атады. Бірақ фракталдық жиын алып жатқан кеңістік масштабқа тәуелді емес өзіне ұқсас элементтерді қамтиды. Биология саласында тұрақты емес интерфейстерді дамытатын көптеген жүйелерді таба аламыз, олардың ішінде ең маңыздысы ісік өсуі болып табылады. Ісік профилінің пішіні ісік түрін оның геометриясы мен динамикасына сәйкес жіктеуге және зерттеуге мүмкіндік береді, сонымен қатар контур пішіні ісіктің динамикалық мінез-құлқының құнды көрсеткішін беретіні байқалды (2). Кикучи (3) эндометриялық аденокарциноманың бетінің фрактальды құрылымға ие екенін және FD гистологиялық дәрежесіне байланысты өзгеретінін көрсетті. Ли (4) жұмысында FD өкпенің жалпақ жасушаларын, карциномасын және аденокарциномасын ажырата алды, бұл белгісіз шығу тегі метастаздық ісіктері бар науқастарда бастапқы ісіктерді анықтау үшін жаңа әлеуетті қосымшаны ашады. Бұл жұмыс фракталдық талдау (FA) деп аталатын фракталдық геометрияда (FG) қолданылатын техникалық құралдар мен әдістерді қолдана отырып, медициналық кескіндердің сандық іздеу ортасында кейбір жалпы нәтижелерді көрсетуге бағытталған.

Фрактал сөзі латынның fractus сөзінен шыққан, бұл сынған дегенді білдіреді. Ол 1975 жылы атақты ғалым Б.Мандельбротқа шексіз масштабтың өзіндік қасиетін көрсететін күрделі объектілерді сипаттау үшін берілген (1). Әрбір фракталдық нысанды кішігірім бөліктерге