

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-54-24>

УДК 004.063.01

Самчук Людмила Михайлівна к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-2516-045X>

Повстяна Юлія Славомирівна к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-5426-4157>

Качула Іван Миколайович, студент

Повстяна Соломія Олександрівна, студент

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

ПОБУДОВА ДІАГРАМИ ДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ ПРИНЦИПУ ПРОХОДЖЕННЯ ПРОЦЕДУРИ МРТ ЗАСОБАМИ UML

Самчук Л.М., Повстяна Ю.С., Качула І.М., Повстяна С.О. Побудова діаграми діяльності для принципу проходження процедури МРТ засобами UML. Діаграма діяльності для роботи МРТ (магнітно-резонансна томографія), що представлена в статті, дозволяє розібратися у принципах роботи цієї діагностичної техніки та зрозуміти важливість належної підготовки пацієнта перед проведенням МРТ. Діаграма демонструє, як будь-які рухи чи металеві предмети можуть спотворити отримані зображення та негативно вплинути на точність діагностики та наглядно показує, що МРТ використовує магнітні поля та радіохвилі для створення зображень внутрішніх органів та тканин. Розуміння принципів роботи МРТ та правильна підготовка пацієнтів допомагають отримати точні результати діагностики та встановити правильний діагноз. За допомогою МРТ лікарі можуть точно виявити хвороби та пошкодження в тканинах та органах, що раніше не були доступні для діагностики іншими методами. Таким чином, розуміння принципів роботи МРТ та належна підготовка пацієнта перед проведенням дослідження є ключовими факторами для отримання точних результатів діагностики та встановлення правильного діагнозу.

Ключові слова. Моделювання, медична діагностика, діаграми діяльності, уніфікована мова моделювання, UML, МРТ, точність діагностики, підготовка пацієнта, наукові дослідження.

Samchuk L., Povstiana Yu., Kachula I., Povstiana S. Construction of an activity diagram for the principle of passing the MRI procedure by means of UML. The activity diagram for MRI (magnetic resonance imaging), presented in the article, allows you to understand the principles of this diagnostic technique and understand the importance of proper patient preparation before MRI. The diagram demonstrates how any movement or metal objects can distort the images obtained and negatively affect the accuracy of the diagnosis and clearly shows that MRI uses magnetic fields and radio waves to create images of internal organs and tissues. Understanding the principles of MRI and proper preparation of patients help to obtain accurate diagnostic results and establish the correct diagnosis. With the help of MRI, doctors can accurately detect diseases and damage in tissues and organs that were previously not available for diagnosis by other methods. Thus, understanding the principles of MRI and proper preparation of the patient before the examination are key factors for obtaining accurate diagnostic results and establishing the correct diagnosis.

Keywords. Modeling, medical diagnostics, activity diagrams, unified modeling language, UML, MRI, diagnostic accuracy, patient training, scientific research.

Вступ. На сьогоднішній день у медицині відбувається глобальна переоцінка ролі методів лікування та діагностики соціально-значимих захворювань. Метод діагностичної медичної візуалізації застосовується у 80-90% випадків.

Сучасна медицина має доступ до великого набору діагностичних методів і методик, заснованих на різних фізичних принципах і технологіях. З цієї причини стає актуальним питання – як розвиватиметься радіологія найближчими роками? [1]. Попри розбіжності у основах методів променевої діагностики, можна назвати такі загальні тенденції у розвитку:

1. Збільшення роздільної здатності: розробляються нові методи та технології, що дозволяють отримувати більш детальні зображення з максимальною точністю.

2. Зменшення дози випромінювання: з'являються нові технології, такі як цифрова радіографія та комп'ютерна томографія, що дозволяють знизити дозу випромінювання, яку отримує пацієнт.

3. Збільшення швидкості та ефективності діагностики: розробляються нові алгоритми та програмне забезпечення, що дозволяють проводити діагностику швидше та ефективніше.

4. Розвиток гібридних методів: з'являються нові методи, які поєднують різні види променевої діагностики, такі як позитронна емісійна томографія та комп'ютерна томографія, що дозволяють отримувати більш точні та детальні зображення.

5. Розробка портативних та мобільних систем: розробляються нові технології, які дозволяють проводити діагностику в будь-яких умовах та місцях, таких як лікарні на місцевих ринках, що збільшує доступність медичної допомоги.

Ці тенденції демонструють, що променева діагностика розвивається в напрямку забезпечення більш точної, швидкої та ефективної діагностики з мінімальною дозою випромінювання, забезпечуючи доступність медичної допомоги в будь-яких умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З аналізу статті [2] про діаграму діяльності принципу роботи МРТ видно, що цей метод досить складний і вимагає високого рівня точності та стабільності у процесі його роботи. Діаграма діяльності допомагає уявити, які процеси відбуваються в системі МРТ та вказати на можливі проблеми, які можуть виникнути, якщо не будуть дотримані вимоги до підготовки пацієнтів та виконання процедури.

Також зазначається про важливість розуміння принципів роботи МРТ для медичних працівників та пацієнтів. Це допомагає забезпечити високу якість діагностики та отримання точних результатів.

Автор статті [3] досліджує можливість використання наночастинок для поліпшення якості зображень та збільшення чутливості МРТ до різних патологій. У статті описано різні типи наночастинок, які можуть використовуватися для МРТ, та їхні особливості. Також розглядається вплив різних факторів на якість отриманих зображень, таких як розмір та форм, концентрація та магнітна чутливість. Дослідження показали, що це може допомогти у виявленні різних захворювань, зокрема раку, та поліпшити якість зображень МРТ.

Як зазначив автор роботи [4], що МРТ є неінвазивним методом, який не використовує іонізуюче випромінювання. Крім того, єдиним параметром, який можна визначити за допомогою рентгенівського випромінювання, є електронна щільність.

Аналізуючи ці статті, можна зробити висновок, що діаграма діяльності є важливим інструментом для розуміння принципів роботи МРТ та її взаємодії з пацієнтом. Також стаття підкреслює значення новітніх технологій, які використовуються в МРТ, таких як наночастинок, які підвищують якість зображень та чутливість до різних патологій.

Виклад основного матеріалу. За останні кілька років магнітно-резонансна томографія (МРТ) перетворилася на дуже потужну та універсальну діагностичну техніку в медицині. Це, у свою чергу, призвело до поширення обладнання для МРТ і стимулювало величезну кількість досліджень. Над цим питанням працювали багато науковців, тому останні роки були дуже продуктивними для розвитку МРТ. Вчені та інженери щодня працюють над покращенням якості зображення, зменшенням часу сканування та розвитком нових методів діагностики. Також активно вивчається використання МРТ для дослідження функцій мозку та для моніторингу ефективності лікування онкологічних захворювань [5]. Магнітно-резонансна томографія - один з найперспективніших і швидко вдосконалених методів діагностики. Спираючись на останні досягнення електроніки, кріогенної техніки і новітні інформаційні технології, МР-томографія дозволяє за кілька хвилин отримати зображення, які можна порівняти з анатомічними зрізами. При МРТ можливо отримати серію тонких зрізів, побудувати тривимірну реконструкцію досліджуваної області, виділити судинну мережу, оцінити стан кісткових структур, суглобові хрящі, м'які тканини, паренхіматозні органи, візуалізувати всі структури головного мозку і спинний мозок, на всій його довжині [6].

Загалом, МРТ стала однією з ключових технологій в медицині та знаходить все більше застосування в діагностиці та лікуванні різноманітних захворювань.

Використання сучасних технологій у променевій діагностиці розширили можливості їх застосування для раннього виявлення захворювань на доклінічному етапі. Традиційно для цих цілей застосовувалася рентгенографія та флюорографія (діагностика захворювань легень, молочних залоз). З появою УЗД та КТ ефективність скринінгу якісно зросла. Ці технології дозволяють здійснювати виявлення практичних всіх груп найпоширеніших та соціально значущих захворювань.

Метод UML (United Modeling Language – уніфікована мова моделювання) є результатом спільної розробки фахівців інженерії програмного забезпечення та інженерії вимог [7]. Він широко використовується провідними розробниками програмного забезпечення як метод моделювання програмних продуктів на всіх стадіях життєвого циклу розробки програмних систем.

UML може бути застосована на всіх етапах життєвого циклу аналізу бізнес-систем і розробки прикладних програм. Різні види діаграм які підтримуються UML, і найбагатший набір можливостей представлення певних аспектів системи робить UML універсальним засобом опису як програмних, так і ділових систем. Діаграми дають можливість представити систему (як ділову, так і програмну) у такому вигляді, щоб її можна було легко розібрати та проаналізувати. Вони також можуть допомогти в ідентифікації можливих проблем, що виникають під час виконання системи, та

допомогти в їх вирішенні. Практично усі CASE-засоби (програми автоматизації процесу аналізу і проектування) мають підтримку UML. Моделі розроблені в UML, дозволяють значно спростити процес проходження МРТ та направити зусилля пацієнтів безпосередньо на реалізацію процесу.

Саме UML розроблена для розробки структури зорієнтованого на об'єкти програмного забезпечення, конструкції UML створюються з багатьох модельних елементів, які позначають різні частини системи програмного забезпечення. Елементи UML використовуються для побудови діаграм, які відповідають певній частині системи або точці зору на систему [8]. Одним із прикладів діаграми діяльності буде наступна діаграма (рис. 1), яка показує діяльність клінічного процесу:

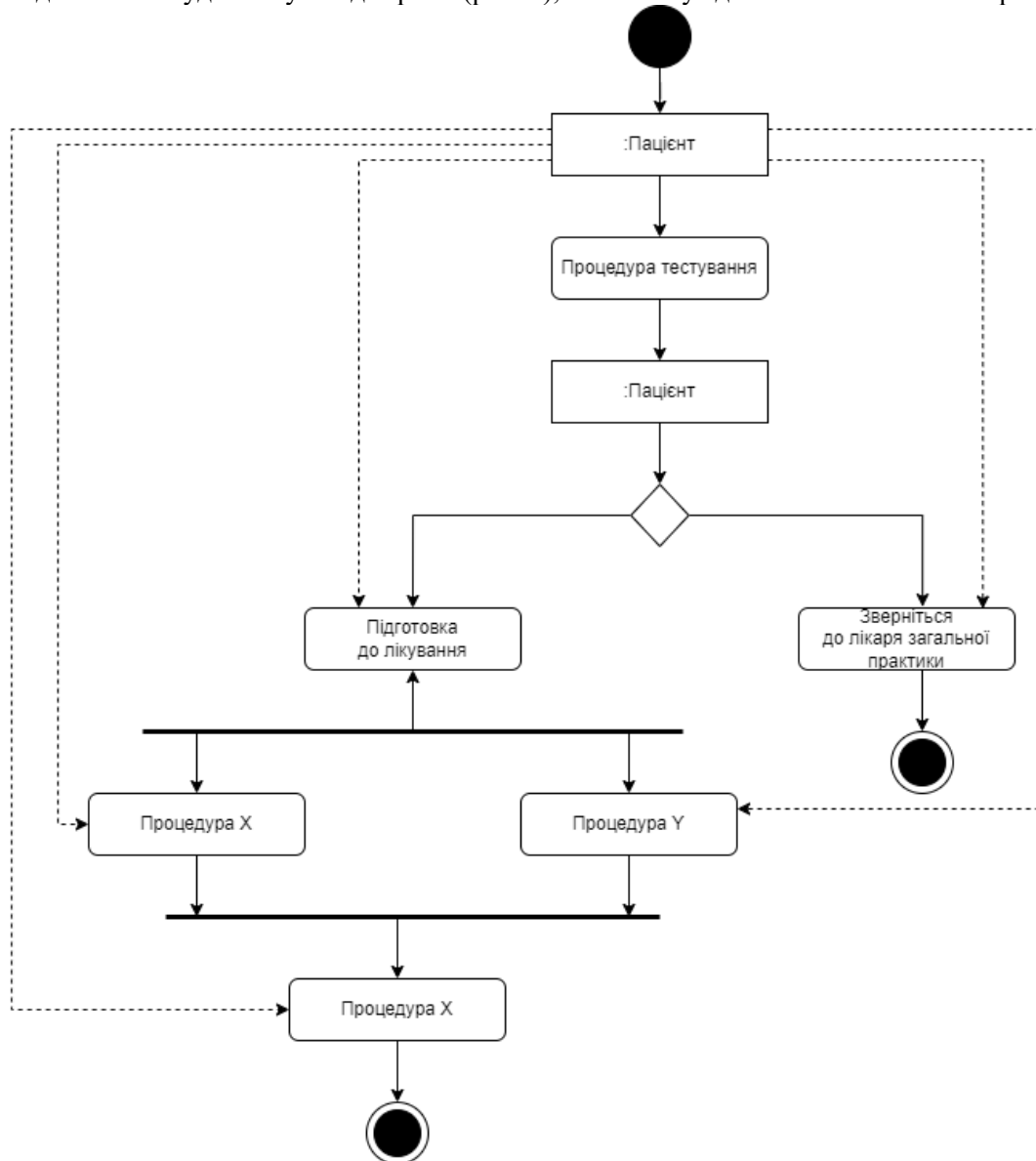


Рис. 1 – Діаграма діяльності для клінічного процесу

Діаграма діяльності показує нам наступну дію: пацієнта направляють до «Процедури тестування». Один із результатів перенаправляє потік діяльності на дію під назвою «Зверніться до лікаря загальної практики» і діяльність завершується. Інший результат перенаправляє потік до дії «Підготовка до лікування». Чорна смуга з двома потоками означає, що «Процедура X» і «Процедура Y» виконуються паралельно. Чорна смуга з одним потоком, що виходить з неї, перенаправляє потік до останньої дії під назвою «Призначити наступну зустріч», а заповнене коло з рамкою завершує дію [9].

Розглянемо опис функцій принципу проходження процедури МРТ та пройдемося по кожному кроку нашої діаграми (таблиця 1).

Таблиця 1 – Опис функцій принципу проходження процедури МРТ

Підготовка пацієнта до МРТ	Цей крок включає в себе перевірку медичного запису пацієнта та відповіді на різні питання щодо різних предметів, які можуть бути протипоказаними для проведення МРТ.
Наявність металевих предметів	Під час перевірки медичного запису пацієнта можна виявити наявність металевих предметів, які можуть бути протипоказані для МРТ.
Зняти всі металеві предмети	У разі виявлення металевих предметів пацієнт повинен зняти їх перед процедурою МРТ.
Пацієнт містить металеві імпланти	Перевірка пацієнта на наявність у нього металевих імплантів.
Використання передплечової обмотки на цих ділянках тіла	Якщо пацієнт має металеві імпланти, може використовуватися передплечова обмотка на цих ділянках тіла, щоб уникнути проблем зі зображенням.
Необхідність в окремих медичних приладах	Перевірка чи потрібно пацієнту додаткові медичні прилади, які встановлюють перед процедурою МРТ.
Встановлення катетеру, імплантату, пристрою для фіксації тіла або іншого необхідного приладу	У разі потреби можна встановити катетер, імплантат, пристрій для фіксації тіла або інший необхідний прилад перед проведенням процедури МРТ.
Розміщення пацієнта в тунелі МРТ	Після підготовки пацієнта до МРТ його розміщують у тунелі МРТ, де він повинен залишатися статичним під час процедури. При цьому, пацієнт повинен знаходитися в комфортному положенні, щоб уникнути рухів та дискомфорту, що може спотворити результати МРТ.
Надання протекторів для захисту від магнітного поля	Під час МРТ утворюється магнітне поле, яке може бути небезпечним для пацієнта. Тому надаються протектори, які захищають від магнітного поля.
Введення інформації про пацієнта в систему МРТ	Цей крок передбачає введення інформації про пацієнта в систему МРТ, яка може містити особисті дані, такі як ім'я, вік, медична історія тощо.
Налаштування обладнання	Перед початком процедури МРТ обладнання потрібно налаштувати та перевірити на справність для отримання якісного зображення.
Розміщення сполучень для передачі даних та контролю МРТ	Сполучення потрібно розмістити на тілі пацієнта для передачі даних і контролю МРТ.
Запуск процедури МРТ	Після налаштування обладнання та розміщення сполучень, процедуру МРТ можна запустити.
Увімкнення магнітного поля	На початку процедури вмикають магнітне поле, щоб розпочати отримання зображення.
Фур'є-аналіз	Це процес обробки сигналів, який дозволяє перетворити отримані сигнали на зображення.
Виконання резонансних вимірювань та обробка даних	Під час процедури МРТ виконуються резонансні вимірювання та обробка даних для отримання якісного зображення.
Попередня обробка	Отримані сигнали зберігаються і обробляються для видалення шуму та інших артефактів.
Використовуються математичні алгоритми для просторової обробки даних	Математичні алгоритми використовуються для обробки даних та отримання просторової інформації.
Дискомфорт чи біль у пацієнта	Під час процедури МРТ можуть виникнути дискомфорт чи біль у пацієнта, на даному етапі пацієнт дає знати чи відчуває він дискомфорт при проходженні процедури.

Біль через високий звук	Це перевірка на можливу проблему від пацієнта під час процедури МРТ, оскільки вона супроводжується дуже гучними звуками, які можуть викликати дискомфорт або біль у вухах пацієнта.
Використання спеціальних навушників або вушних протезів, які забезпечують звукоізоляцію	Для зменшення дискомфорту та болю у вухах пацієнта під час процедури МРТ, можуть використовуватися спеціальні навушники або вушні протези, які забезпечують звукоізоляцію.
Проходження додатково обстеження	Перевірка чи проходив пацієнт додаткове обстеження, та його результати.
Направлення на додаткове обстеження пацієнта	У разі, якщо виявлено проблеми під час процедури МРТ, може бути призначене додаткове обстеження пацієнта для визначення можливих причин та виявлення можливих проблем.
Експозиція до радіочастотних хвиль	Під час процедури МРТ, пацієнт піддається експозиції до радіочастотних хвиль, які дозволяють виявляти сигнали від водню в тілі пацієнта.
Отримання сигналів від водню	Радіочастотні хвилі збуджують ядра водню в тілі пацієнта, що дозволяє отримати сигнали від цих ядер.
Обробка сигналів	Отримані сигнали піддаються обробці для видалення шуму та інших артефактів.
Процес фазового кодування, який формує зображення	Після отримання сигналів від водню та їх обробки, МРТ система використовує процес фазового кодування, щоб сформувати зображення. Цей процес включає в себе зміну магнітного поля в різних точках області, яку досліджують, та реєстрування сигналів, що випромінюються від водню відповідно до змін поля. Ці сигнали збираються та перетворюються в комп'ютерні дані.
Отримання зображення	Після процесу фазового кодування МРТ система отримує 3D зображення з обраної частини тіла пацієнта. Зображення містить деталі про структуру тканин та їхній розташування.
Виконати операцію для інших частин тіла	Після того, як зображення було отримане та проаналізоване, можна продовжити процедуру МРТ для інших частин тіла пацієнта, якщо це необхідно.
Аналіз зображення медичним фахівцем	Останній крок полягає в аналізі зображення медичним фахівцем, який інтерпретує отримані дані та діагностує можливі захворювання. Він визначає, чи є аномалії на зображенні та їхню природу, та робить висновки про те, чи потрібне подальше обстеження, лікування чи хірургічне втручання.

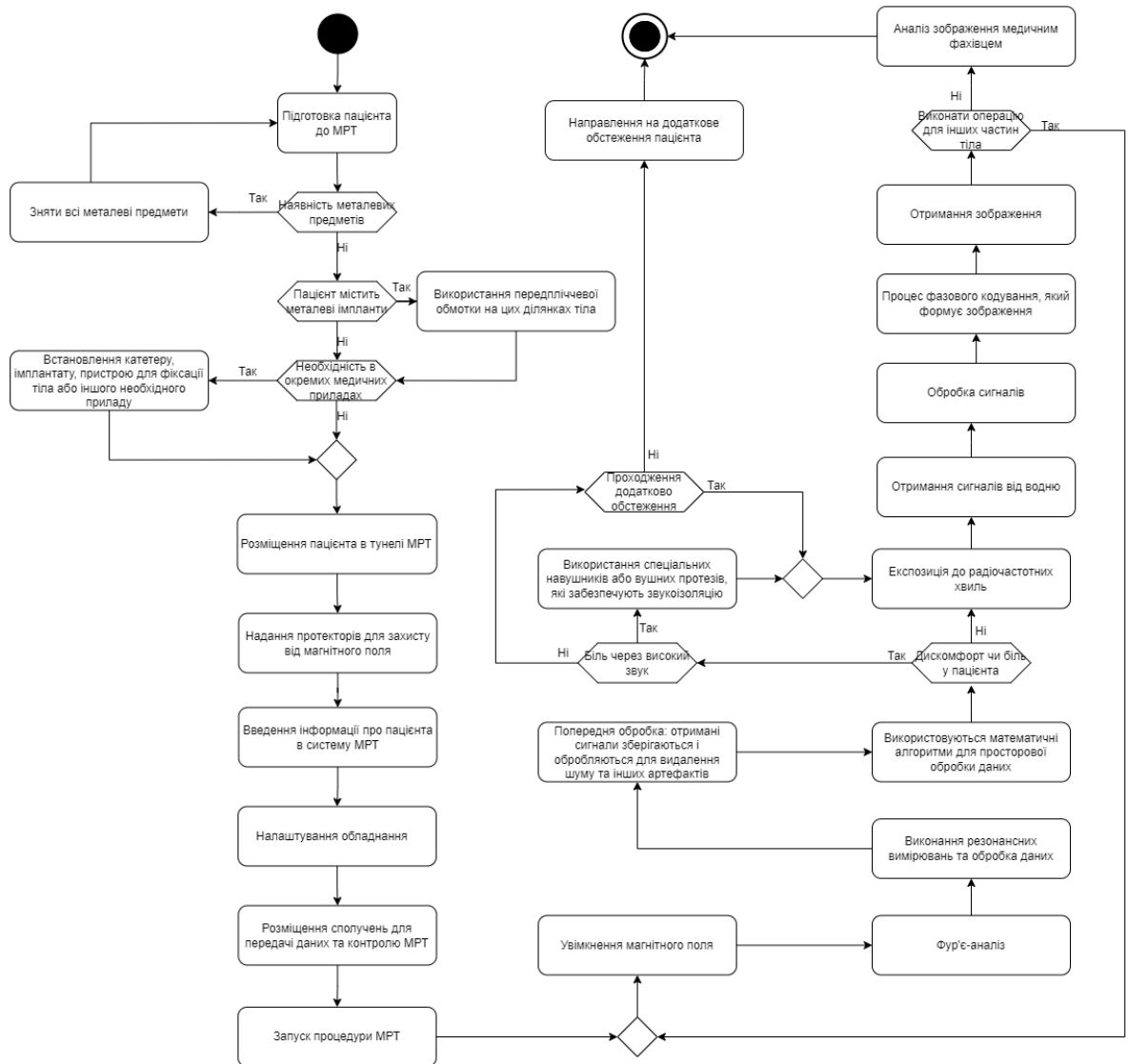


Рис. 2 – Діаграма діяльності принципу проходження процедури МРТ

Висновки. UML стає однією з найбільш використовуваних, бо вона містить всі зібрані переваги в порівнянні з іншими програмними середовищами: швидкість виконання операцій, стандартизований підхід, зручність використання, можливості автоматизації, підтримка різних видів моделювання.

UML надає можливість специфікувати, проектувати, візуалізувати та проводити документовані артефакти об'єктно-орієнтованого програмного забезпечення. Поглиблення UML дає змогу введення власні текстові і графічні стереотипи, які сприяють процесу розширення сфери застосування програми не лише в галузі програмної інженерії. На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій у контексті об'єктно-орієнтованої парадигми UML підходить аналізу й проектування систем єнайефективнішими.

Діаграма діяльності про принцип роботи МРТ дозволяє зрозуміти, як саме працює ця технологія, що дає змогу зробити точну діагностику пацієнтів. Діаграма також демонструє важливість точності та належної підготовки пацієнта перед проведенням МРТ, так як будь-які рухи чи металеві предмети можуть спотворити отримані зображення та негативно вплинути на точність діагностики.

Загалом, діаграма діяльності по принципу роботи МРТ нагадує нам про великий прогрес, який досягнуто в галузі медицини завдяки цій технології та іншим подібним розробкам, які дозволяють точно діагностувати та лікувати хвороби.

Список бібліографічного опису

1. Терновой С.К. Перспективы развития методов радиационной диагностики. Медицина, 2007.- С.229-234.
2. Maya Sharif. Special radiation techniques in radiotherapy - optimization, quality assurance and risk management. URL: <https://open.fau.de/handle/openfau/21877>
3. Magnetic Nanoparticles in Magnetic Resonance Imaging and Diagnostics by RÜMENAPP, Christine ; GLEICH, Bernhard ; HAASE, Axel 2012, Vol 29, Num 5, pp 1165-1179, 15 p.
4. An Overview of Magnetic Resonance Imaging (MRI) Academic Resource Center. URL:https://zbook.org/savetopdf/MDkyNA==#14b602_an-overview-of-magnetic-resonance-imaging-mri
5. Keller P. J. Basicsof the magnetic resonance phenomenon. URL: <https://s30fb2821ec625b85.jimcontent.com/download/version/1511353921/module/5995317162/name/GE%20MR%20Principles.pdf>
6. Магнітно-резонансна томографія як сучасний метод візуалізації в кардіології. URL: http://health-ua.com/pics/pdf/ZU_2014_Cardio_1/74-76.pdf (дата звернення: 19.03.2023)
7. Новицький О.В. Розширення UML специфікації для моделювання семантичних об'єктів/Proceedings of the 10th International Conference of Programming UkrPROG. 2016. С-211-220.
8. Хацько Н.Є., Гавриленко С.Ю. Порядок створення та редагування моделей і діаграм UML. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи "Порядок створення та редагування моделей і діаграм в програмі Umbrello UML Modeller" : для студентів спеціальності 121 – Інформаційні технології / Уклад. Хацько Н.Є., Гавриленко С.Ю. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 23с.
9. Carvalho E., Batilana A., Shah J., Payne P. Standardizing Clinical Trials Workflow Representation in UML for International Site Comparison. 2010 Nov 9;5(11):e13893. doi: 10.1371/journal.pone.0013893.

References

1. Ternovoi S.K. Prospects for the development of radiation diagnostic methods. Medicine, 2007. - P.229-234.
2. Maya Sharif. Special radiation techniques in radiotherapy - optimization, quality assurance and risk management. URL: <https://open.fau.de/handle/openfau/21877>
3. Magnetic Nanoparticles in Magnetic Resonance Imaging and Diagnostics by RÜMENAPP, Christine ; GLEICH, Bernhard ; HAASE, Axel 2012, Vol 29, Num 5, pp 1165-1179, 15 p.
4. An Overview of Magnetic Resonance Imaging (MRI) Academic Resource Center. URL:https://zbook.org/savetopdf/MDkyNA==#14b602_an-overview-of-magnetic-resonance-imaging-mri
5. Paul J. Keller Basics principles of magnetic resonance imaging. URL: <https://s30fb2821ec625b85.jimcontent.com/download/version/1511353921/module/5995317162/name/GE%20MR%20Principles.pdf>
6. Magnetic resonance imaging as a modern imaging method in cardiology. URL: http://health-ua.com/pics/pdf/ZU_2014_Cardio_1/74-76.pdf (дата звернення: 19.03.2023)
7. Novytsky O.V. An extension of the UML specification for modeling semantic objects //Proceedings of the 10-th International Conference of Programming UkrPROG. 2016. P.211-220.
8. Khatsko N.E., Havrylenko S.Yu. Procedure for creating and editing UML models and diagrams. Methodical instructions for performing laboratory work "The procedure for creating and editing models and diagrams in the program Umbrello UML Modeller" : for students of specialty 121 - Information technologies / Comp. Khatsko N.E., Havrylenko S.Yu. - Kharkiv: NTU "KhPI", 2019. - 23 p.
9. Carvalho E., Batilana A., Shah J., Payne P. Standardizing Clinical Trials Workflow Representation in UML for International Site Comparison. 2010 Nov 9;5(11):e13893. doi: 10.1371/journal.pone.0013893.