

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Навчально-науковий центр заочної форм навчання
(повна назва)

Кафедра _____ Біомедичної інженерії
(повна назва)

АНОТАЦІЯ кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)

_____ Метод стереотаксичної нейронавігації
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи БМІзм-19-1

_____ Алзін Розба Салман .
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 163 Біомедична інженерія

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ «Біомедична інженерія»
(повна назва освітньої програми)

Керівник _____ д.т.н. проф. Семенець В.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри БМІ _____
(підпис)

_____ Аврунін О.Г.
(прізвище, ініціали)

2021 р.

ВСТУП

Стереотаксичний метод (від стерео – простір і taxis – розташування), являє собою сукупність прийомів і розрахунків, що дозволяють за внешнечерепними і внутрішньомозковими орієнтирами з великою точністю вводити тонкий інструмент (канюлю, електрод) в глибокі структури головного, або спинного мозку з науковими, лікувальними або профілактичними цілями [1-4]. Дані операції на мозку проводяться з використанням спеціальних апаратів, що направляють хірургічний інструмент в заздалегідь розраховану точку глибоких структур мозку [1-4]. Ці методи засновано на глибокому знанні нейрофізіології а також методах неровізуалізації [4-8] та аналізу інтроскопічних зображень [4, 9, 10]. Перші стереотаксичні апарати були неавтоматизованими [12-16]. Сучасні стереотаксичні апарати розрізняються складністю конструкції, способами фіксації до кісток черепа, різними системами координат, але зберігають основний принцип стереотаксического методу – зіставлення умовної координатної системи мозку з координатною системою стереотаксического приладу [16-20].

Внутрішньомозковими орієнтирами, що дозволяють визначати просторову локалізацію глибоко розташованих структур мозку, служать точки поблизу мозкових шлуночків [1,2, 16, 21, 22]. Раніше введення контрастних препаратів робило їх візуалізованими на рентгенівських знімках голови і надавало можливість розрахунків координат структур, до яких був потрібен хірургічний доступ [21-24]. Зараз основними методами нейронавігації є різні типи томографії, рентгенівської комп'ютерної спіральної, магнітнорезонансної, позитронно-емісійної [25-29]. Інформація для розрахунків міститься в спеціальних стереотаксичних атласах (анатомічні атласи мозку людини, що відображають топографічні співвідношення підкіркових структур і черепа), в яких представлені фотографії зрізів «стандартного» мозку, зроблені в трьох площинах.

Відповідні кути корекції напрямку канюлі переносять на транспортири стереотаксического апарату і вводять канюлю в задану точку мозку. Контролюють попадання приладу в цю точку за допомогою різних методів візуалізації та функціонального зворотнього зв'язку [16]. Для моделювання стереотаксичних операцій виконують різних підходи, які засновані, зокрема, на фантомному моделюванні [30, 31]. А також методи, які засновані на аналізі томографічних зображень [32-38]. Глибинне знання нейрофізіології нейрофізіології та дослідження на експериментальних тваринах дозволяють створити теоретичну базу для функціональної нейрохірургії [39-45]. При стереотаксичних операціях використовують різні методи руйнування (деструкції) підкіркових структур: анодний електроліз (вплив постійним струмом), високочастотну електрокоагуляцію, введення в мозок радіоактивних ізотопів, локальна кріодеструкція – заморожування областей мозку рідким азотом [39-43]. Ефект операції при цьому безпосередньо залежить від точності наведення хірургічного інструменту. Тому, метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка модулю нейронавігації.

Кваліфікаційна робота містить три розділа.

У першому розділі роботи проведено медико-технічне обґрунтування роботи, розглянуто методи нейровізуалізації та нейронавігації, їх особливості, переваги та недоліки.

У другому розділі розглядається розробка структурної схеми системи для проведення нейрохірургічних операцій.

У третьому розділі розглядається метод та алгоритм нейронавігації.

ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – розробка системи, модуля і методів нейронавігації.

Об'єкт дослідження – процес нейронавігації..

Предмет дослідження – методи нейронавігації.

Методи дослідження – алгоритми обробки зображень, геометричних перетворень та аналізу даних.

Наукова новизна роботи полягає у тому, що за допомогою використання методів нейронавігації можна підвищити точність стереотаксичного наведення хірургічного інструменту.

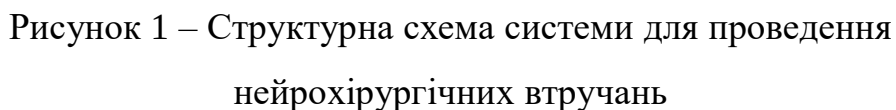
Результати роботи можуть бути використані у спеціалізованих нейрохірургічних клініках.

В роботі проведений аналіз методів нейровізуалізації. Розглянути питання вибору стереотаксичних орієнтирів для завдань наведення нейрохірургічного інструменту. За результатами роботи розроблено програмне забезпечення, що дозволяє проводити нейронавігаційні процедури для операцій на глибоких структурах головного мозку людини.

Кваліфікаційна робота містить три розділа.

У першому розділі роботи проведено медико-технічне обґрунтування роботи, розглянуто методи нейровізуалізації та нейронавігації, їх особливості, переваги та недоліки. Визначено, що для топографо-анатомічної візуалізації найбільш ефективним є метод рентгенівської комп'ютерної томографії. Інші модальності лише надають додаткову функціональну інформацію щодо досліджуваної області.

У другому розділі розглядається розробка структурної схеми системи для проведення нейрохірургічних операцій. До складу системи для проведення нейрохірургічних втручань входять, згідно з рисунком 1, модулі інтроскопії, обробки зображень, візуалізації та нейронавігації. Саме нейронавігація передбачає визначення опорних орієнтирів у голові пацієнта, побудови



У третьому розділі розглядається метод та алгоритм нейронавігації (див. рисунок 2). Алгоритм включає в себе введення набору томографічних даних та фронтальної і сагітальної топограм, попередню обробку і сегментацію зображень, визначення координат стереотаксичних орієнтирів та трепанаційного отвору, узгодження систем стереотаксичних координат та виконання стереотаксичних розрахунків. Останньою стадією є візуалізація

області оперативного втручання та визначення навігаційних параметрів для забезпечення хірургічного доступу.



Рисунок 2 – Схема програми нейронавігації

ВИСНОВКИ

В даний час надзвичайно актуальними є завдання, які пов'язані з підвищенням точності нейрохірургічних втручань та методів нейронавігації. Тому, актуальною є розробка методів дослідження саме принципів нейронавігації при стереотаксичних операціях на головному мозку людини.

Визначено, що необхідно застосовувати внутрішньомозкові орієнтири для визначення слабо-контрастних анатомічних структур. При цьому, точність нейронавігації суттєво залежить від розрізнення томографічних зображень та вибору опорних орієнтирів.

Розроблено структурну схему системи для проведення нейрохірургічних втручань, до складу якої входить один з головних модулів – нейронавігаційний.

Модуль нейронавігації дозволяє визначати стереотаксичні орієнтири та будувати внутрішньомозкову систему координат, за даними якої визначаються координати області оперативного втручання.

Важливим етапом нейронавігації є узгодження систем координат головного мозку, операційного поля, томографічних зображень, стереотаксичного апарату та системи візуалізації.

Перспективою роботи є розробка та тестування графічного програмного забезпечення для проведення нейронавігації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

НЕЙРОНАВІГАЦІЯ, НЕЙРОНАВІГАЦІЯ, ТОМОГРАФІЯ КОМП'ЮТЕРНА,
ДІАГНОСТИКА, НЕЙРОХІРУРГІЯ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Computer-aided navigation in neurosurgery / P. Grunert, K. Darabi, J. Espinosa, R. Filippi // *Neurosurg Rev.* – 2003. – Vol. 26. – № 2. – P. 73– 99.
2. Этапы развития стереотаксического метода / О. Г. Аврунин, С. Ю. Масловский, В. А. Пятикоп, В.В. Семенец // *Експериментальна і клінічна медицина.* – 2001. – № 1. – С. 125-127.
3. Аврунін О.Г., Безшапочний С.Б., Бодянський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. Харків : ХНУРЕ, 2018. 224 с.
4. O. Avrunin, M. Tymkovych, V. Semenets and V. Piatykop, "Computed tomography dataset analysis for stereotaxic neurosurgery navigation," 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL), Sozopol, Bulgaria, 2019, pp. 606-609, doi: 10.1109/CAOL46282.2019.9019459.
5. Shin H., Falck C., Galanski M. Low-contrast detectability in volume rendering: a phantom study on multidetector-row spiral CT data // *Eur Radiol.*- 2004.- Т. 14.- № 2.- Т. 341-349.
6. Leclerc X, Taschner C., Vidal A. The role of spiral CT for the assessment of the intracranial circulation in suspected brain-death/ X. Leclerc, C. Taschner, A. Vidal // *J. Neuroradiol.*- 2006.- Т. 33.-№ 2.- P. 90-95.
7. Ertl-Wagner B. Diagnostic evaluation of the craniocervical vascular system with a 16-slice multi-detector row spiral CT. Protocols and first experiences / B. Ertl-Wagner, R. Hoffmann, R. Bruning // *Radiologe.* – 2002.– Vol. 42. – № 9. – P. 728-732.
8. Avrunin, L. Aver'yanova, V. Golovenko, O. Sklyar E-Learning of Functioning Principles Medical Intrascope Systems//2-th International Conference “Modern (e-) Learning”, July, 2007,Varna,Bulgaria, ITHEA SOFIA,-P.134-137.
9. Тымкович М.Ю. Оптимизация нейрохирургических доступов с использованием цифрового атласа внутримозговых структур / О.Г. Аврунин,

М.Ю. Тымкович // «Вісник НТУ «ХПІ» Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – 2015. – № 39 (1148). – С. 63 – 67.

10. System of three-dimensional human face images formation for plastic and reconstructive medicine / Ya. Nosova, S. Pavlov, O. Avrunin, O. Hrushko, N. Shushlyapina // Teaching and subjects on bio-medical engineering. Approaches and experiences from the BIOART-project. – Corresponding authors, Peter Arras and David Luengo. – Printed by Acco cv, Leuven (Belgium), 2021. – P.187–203.

11. Avrunin O. G. Experience of Developing a Laboratory Base for the Study of Modern Microprocessor Systems / O. G. Avrunin, T. V. Nosova, V. V. Semenets. // Proceedings of I International Scientific and Practical Conference “Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs” MC&FPGA-2019, Kharkiv, Ukraine. – 2019. – P. 6–8.

12. Аврунин О.Г. К вопросу об определении силовых характеристик поля в системах магнитного стереотаксиса/Аврунин О.Г., В.В. Семенець // Радиотехника.– 2001.– № 117.- С.121–124.

13. Аврунин О. Г. Обоснование основных медико-технических требований для проектирования многофункционального риноманометра / О. Г. Аврунин, А.И. Бых, В.В. Семенец. Функциональная компонентная база микро-, опто- и наноэлектроники: сб. науч. тр. III Междунар. науч. конф., 28 сент. - 2 окт. 2010 г. Х. ; Кацивели : ХНУРЭ, 2010. – С. 280-281.

14. Аврунин О.Г. Определение закона движения хирургического инструмента в системах магнитного стереотаксиса // АСУ и приборы автоматики. – 2000. – № 113. – С.18–23.

15. Аврунин О.Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств / О.Г. Аврунин // Технічна електродинаміка, тем. випуск «Силова електроніка та енергоефективність». – 2011. – Ч. 2. – С. 293–298.

16. Комп'ютерне планування малоінвазивних втручань в офтальмології та нейрохірургії / О. Г. Аврунін, Д. В. Кухаренко, В. О. Пятикоп, В. В. Семенець, М. Ю. Тимкович, В. О. Філатов. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 160 с.

17. Сипитый В.И., Пятикоп В.А., Кутовой И.А., Аврунин О.Г. Опыт проведения стереотаксических расчетов с использованием интраоперационной компьютерной томографии / В. И. Сипитый, В. А. Пятикоп, И. А. Кутовой, О. Г. Аврунин // Український нейрохірургічний журнал. – 2006. – № 3. – С. 58–62

18. Аврунин О.Г. Методика стереотаксических расчетов при интраоперационном проведении компьютерной томографии / О. Г. Аврунин // Проблемы бионики. – 2002. – № 57.

19. Аврунин О.Г. Методы визуализации внутримозговых структур на современном этапе / О. Г. Аврунин, В. В. Семенец, А. Б. Щербакова. // Радиоэлектроника и информатика. – 1999. – № 4(9) – С. 107-108.

20. Аврунин О.Г. Принципы построения автоматизированных нейрохирургических комплексов / О.Г. Аврунин, Т.В. Носова// Вестник НТУ «ХПИ». –2007, № 19. – С. 3–11.

21. Аврунин О.Г. Визуализация вентролатерального ядра таламуса головного мозга человека / О. Г. Аврунин, В. В. Семенец, С. Ю. Масловский// Радиоэлектроника и информатика.– 1998.– № 1/(2). – С. 132– 134.

22. Аврунин О.Г. Возможности повышения точности расчета зоны оперативного вмешательства при стереотаксических операциях на головном мозге человека / О. Г. Аврунин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – № 4. – С. 120-122.

23. Тымкович М.Ю. Использование DICOM-изображений в медицинских системах / М.Ю. Тымкович, О.Г. Аврунин, В.В. Семенец // Техн. электродинамика: Тематич. вып. – 2012. – Т.4. – С. 178-183.

24. Аврунин О. Г. Опыт разработки программного обеспечения для визуализации томографических данных / О. Г. Аврунин // Вісник НТУ «ХПІ». – 2006. – № 23. – С. 3 – 8.

25. Аврунин О. Г. Визуализация данных контрастной компьютерной томографии / О. Г. Аврунин, Т. А. Карпенко // Прикладная радиоэлектроника. – 2007. – № 1. – С. 56-61.

26. Avrunin, O. G., Nosova, Y. V., Abdelhamid, I. Y., Pavlov, S. V., Shushliapina, N. O., Wójcik, W., . . . Kalizhanova, A. (2021). Possibilities of automated diagnostics of odontogenic sinusitis according to the computer tomography data. *Sensors (Switzerland)*, 21(4), 1-22. doi:10.3390/s21041198.

27. Аврунин О. Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин, М. Ю. Тимкович., Х. Фарук // Бионика интеллекта. – 2013.– № 2 (81). – С. 101–104.

28. Аврунин О.Г., Аверьянова Л.А., Бых А.И., Головенко В.М., Скляр О.И. Методика создания виртуальных средств имитации работы рентгеновского компьютерного томографа // Техническая электродинамика. Тем. Вып. – Киев, 2007. – Т. 5, С.105-110.

29. The experience software-based design of virtual medical intrascopy systems for simulation study *International Journal* / O. Avrunin, L. Aver'yanova, V. Golovenko, O. Sklyar // *Information Technologies and Knowledge*. – 2008. – Vol. 2. – P. 470–474.

30. Сучасні технології фантомного моделювання в нейрохірургії як різновид симуляційного навчання лікарів-нейрохірургів / П'ятикоп В. О., Аврунін О. Г., Тимкович М. Ю., Кутовий І. О., Полях І. О. // Симуляційне навчання в системі підготовки медичних кадрів : матеріали навчально-методичної конференції. – Харків : ХНМУ. – 2016. – С.136– 138.

31. Бажан О. В. Використання технологій віртуальної реальності в пластичній хірургії / О. В. Бажан, О. Г. Аврунін, М. Ю. Тимкович // І Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Авіація, промисловість, суспільство», Кременчук. - 2018. - С.184.

32. Avrunin O.G. Using a priori data for segmentation anatomical structures of the brain / O. G. Avrunin, M. Y. Tymkovych, S. P. Moskovko, et. al. // *Przegląd Elektrotechniczny*: doi:10.15199/48.2017.05.20. – V. 93-5. – 2017. – P. 102-105.

33. Шамраева, Е. О. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях / Е. О. Шамраева, О. Г. Аврунин // Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – 2006. – № 2 (65). – С. 83– 87.

34. Avrunin, O., Tymkovych, M., Drauil, J. Automatized technique for threedimensional reconstruction of cranial implant based on symmetry (2015) Information Technologies in Innovation Business Conference, ITIB 2015 – Proceedings, pp.39-42.

35. Tymkovych, M. Y., Avrunin, O. G. Farouk, H. I. Reconstruction method of the intact surface of surgical accesses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2014, 9(70), 37- 41.

36. Аврунин О. Г. Алгоритмы программного рендеринга трехмерной графики для задач медицинской визуализации / О. Г. Аврунин, Ю. В. Книгавко // Журнал Технічна електродинаміка. – 2010. – С. 258–261.

37. Книгавко, Ю.В. Программная визуализация объемных медицинских данных / Ю.В. Книгавко, О.Г. Аврунин // Журн. Техн. електродинаміка – 2011. – С. 301-308.

38. Y. V. Nosova, M. Y. Tymkovych, N. O. Shushliapina, O. G. Avrunin and V. V. Semenets, "Peculiarities of Pre-Processing of Tomographic Images for Segmentation of Paranasal Sinuses," 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 489-492, doi: 10.1109/ELNANO.2019.8783713.

39. Сипитый В. И. Криохирургическое лечение тяжелых форм невралгии тройничного нерва / В. И. Сипитый, Н. Ф. Посохов, В. А. Пятикоп. — Харьков : Основа, 1994. — 113 с.

40. Пятикоп В.А., Щегельская Е.А., Микулинский Ю.Е., и др. Восстановление структурно-функциональных параметров у крыс с криогенной травмой головного мозга после трансплантации клеток стромы костного мозга, индуцированных в нейробласты. Проблемы криобиологии. 2005; 15(3): 449– 51.

41. Пятикоп В.А. Сравнительная характеристика динамики двигательных нарушений и их сопоставления с морфофункциональными особенностями при

экспериментальном паркинсонизме после введения криоконсервированных эмбриональных нервных и нейроиндуцированных *in vitro* стромальных клеток/ В.А. Пятикоп, И.А. Григорова // Український вісник психоневрології. – 2007. – Т. 15, Вип. 1. – С. 51–53.

42. Сравнительная эффективность введения в черную субстанцию мезенхимальных стволовых клеток костного мозга человека и индуцированных клеток по нейрональному пути в модели паркинсоноподобного синдрома / В. А. Пятикоп, М. А. Мсаллам, Е. А. Щегельская, И. А. Кутовой, Г. И. Губина-Вакулик, Т. В. Горбач // Експериментальна і клінічна медицина. – 2014. – № 2. – С. 131–138.

43. Пятикоп В.А., Карамышев В.Д., Шеверева В.М., Дворцовой В.К.. Гистологический анализ изменений тканей головного мозга крыс с экспериментальным паркинсонизмом до и после трансплантации криоконсервированных эмбриональных нервных клеток. Проблемы криобиологии. 2006; 16(2): 211–6.

44. Селиванова К.Г. Биотехническая система диагностики состояния мелкого моторного развития / К.Г. Селиванова, Ж.Б. Иванченко, О.Г. Аврунин // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ": сб. науч. тр. Темат. вып. : Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 39 (1148). – С. 78-82.

45. Selivanova, K. G., Avrunin, O. G., Zlepko, S. M., Romanyuk, S. O., Zabolotna, N. I., Kotyra, A., . . . Smailova, S. (2016te). Quality improvement of diagnosis of the electromyography data based on statistical characteristics of the measured signals. Paper presented at the Proceedings of SPIE - the International Society for Optical Engineering, , 10031 doi:10.1117/12.2248953.