

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
КАФЕДРА ІНФОРМАТИКИ І КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

Пояснювальна записка
до дипломної бакалаврської роботи

на тему:

**РОЗРОБКА БАЙЄСІВСЬКОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ NOISY-MAX
ВУЗЛІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУВАННЯ ПОРУШЕНЬ
НЕЙРОМОЗКОВОЇ АКТИВНОСТІ**

Виконав: студент 4 курсу, групи 4КН
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

Бондаренко О.Є.

Керівник: Вороненко М.О.

Рецензент: Огнєва О.Є.

Хмельницький – 2025 р.

Факультет	<u>Інформаційних технологій та дизайну</u>
Кафедра	<u>Інформатики і комп'ютерних наук</u>
Рівень вищої освіти	<u>перший (бакалаврський) рівень</u>
Галузь підготовки	<u>12 «Інформаційні технології»</u>
Освітньо-професійна програма	<u>Комп'ютерні науки</u>
Спеціальність	<u>122 «Комп'ютерні науки»</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІКН,
професор

_____ Литвиненко В.І.

«_____» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

_____ Бондаренко Олександра Євгенійовича _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження Байєсівських мереж на основі Noisy-MAX вузлів для моніторингу і прогнозування порушень нейромозкової активності.
керівник роботи Вороненко Марія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ХНТУ від 28.01. 2024 р. № 162-с

2. Строк подання студентом роботи
10.06.2025

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; 1. Аналітичний огляд літературних та інших джерел; 2. Обґрунтування проблеми та аналіз методів і засобів її вирішення; 3. Практична реалізація моделі Байєсової мережі для моніторингу і прогнозування порушень нейромозкової активності; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Таблиць – 4,

Формул – 6,

Рисунків – 18

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 10.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд літературних джерел за тематикою бакалаврської роботи	10.02.2025-01.03.2025	
2	Постановка проблеми дослідження	02.03.2025-15.03.2025	
3	Обґрунтування проблеми та аналіз методів і засобів її вирішення	16.03.2025-01.04.2025	
4	Системний аналіз об'єкта дослідження та предметної області	02.04.2025-10.04.2025	
5	Практична реалізація Байєсової моделі в програмному середовищі Genie2.3 Academic	11.04.2025-15.04.2025	
6	Проведення експерименту і отримання результатів	16.04.2025-10.05.2025	
7	Проведення порівняльного аналізу та оформлення висновків	30.04. 2025-10.05. 2025	
8	Написання та оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи	11.05.2025-21.05.2025	

Студент _____ Олександр БОНДАРЕНКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Марія ВОРОНЕНКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Анотація.....	7
Abstract.....	9
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	11
ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	18
1.1. Поняття нейромозкових порушень, методи попередження і виявлення.....	18
1.1.1. Діагностика тривожного стану.....	20
1.1.2. Діагностика епілепсії та епілептичного нападу.....	21
1.1.3. Діагностика деменції, хвороб Альцгеймера та Паркінсона	22
1.1.4. Діагностика розсіяного склерозу.....	23
1.1.5 Діагностика пухлин головного мозку.....	24
1.1.6 Діагностика інсульту.....	26
1.2 Огляд основних здобутків наукових досліджень у діагностуванні нейромозкових порушень.....	26
1.3 Актуальність дослідження.....	30
Висновки по розділу 1.....	32
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОБЛЕМИ	33
2.1. Постановка та обґрунтування проблеми.....	33
2.2. Методи вирішення проблеми.....	34
2.2.1. Застосування математичного моделювання в предметній галузі. Сутність концептуальної моделі	34
2.2.2. Байєсівські мережі, як інструмент інтелектуального аналізу даних.	36

2.3. Огляд програмних засобів, що можуть бути використані при роботі з мережами Байєса.....	45
2.3.1. <i>Формальний опис вузлів Noisy-MAX. Канонічні вузли.....</i>	56
Висновки по розділу 2.....	58
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СТАТИЧНОЇ БАЙЄСІВСЬКОЇ МЕРЕЖІ ПРОГНОЗУВАННЯ МОЗКОВИХ РОЗЛАДІВ	60
3.1. Визначення вхідних даних.....	60
3.2. Розробка статистичної моделі Байєсової мережі в програмному середовищі Genie2.3	66
3.2.1. <i>Опис інструментального середовища GeNIa його технічна та інтерфейсна реалізація.....</i>	66
3.2.2. <i>Типи вузлів в GeNIe Modeler.....</i>	67
3.3. Аналіз отриманих результатів.....	68
Висновки по розділу 3.....	75
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	79

Автореферат

У кваліфікаційній роботі досліджено теоретичні аспекти застосування Байєсівських мереж для моніторингу і прогнозування нейромозкової активності. Порухення нейромозкової активності, такі як епілепсія, інсульт, мігрень та інші, є серйозною медичною проблемою, що впливає на якість життя мільйонів людей. Рання діагностика та прогнозування цих порушень можуть значно покращити результати лікування. Розробка ефективних методів моніторингу та прогнозування нейромозкової активності є важливим завданням. Для цього потрібно: вивчити теоретичні основи Байєсівських мереж та Noisy-MAX вузлів, розробити структуру Байєсівської мережі для моніторингу та прогнозування порушень нейромозкової активності, оцінити ефективність розробленої моделі на реальних даних.

Байєсівські мережі -це графічні моделі, які відображають ймовірнісні залежності між змінними. Вони використовуються для моделювання складних систем, де існує невизначеність. Байєсівська мережа складається з вузлів, що представляють змінні, та дуг, що відображають залежності між ними. Noisy-MAX вузли - це тип вузлів у Байєсівській мережі, які використовуються для моделювання ситуацій, коли на результат впливає кілька причин, але тільки одна з них є домінуючою. Noisy-MAX вузли дозволяють ефективно моделювати такі ситуації, як вплив кількох факторів ризику на розвиток захворювання.

Мережа навчається на реальних даних, що містять інформацію про пацієнтів з порушеннями нейромозкової активності. Використовуються алгоритми навчання Байєсівських мереж, такі як алгоритм очікування-максимізації (ЕМ).

Для оцінки ефективності розробленої мережі використовуються аналіз чутливості. Розроблена Байєсівська мережа на основі Noisy-MAX вузлів є ефективним інструментом для моніторингу та прогнозування порушень нейромозкової активності. Вона може бути використана для ранньої

діагностики та прогнозування цих порушень, що дозволить покращити результати лікування.

В майбутньому можна розглянути розширення мережі для моделювання більш широкого спектру порушень нейромозкової активності, спробувати використання більш складних алгоритмів навчання Байєсівських мереж, запланувати інтеграцію Байєсівської ймовірнісної моделі з іншими системами моніторингу та діагностики.

Abstract

The qualification work explores the theoretical aspects of the application of Bayesian networks for monitoring and predicting neurobrain activity. Neurobrain activity disorders, such as epilepsy, stroke, migraine, and others, are a serious medical problem that affects the quality of life of millions of people. Early diagnosis and prediction of these disorders can significantly improve treatment outcomes. Developing effective methods for monitoring and predicting neurobrain activity is an important task. To do this, you need to: study the theoretical foundations of Bayesian networks and Noisy-MAX nodes, develop the structure of the Bayesian network for monitoring and predicting neurobrain activity disorders, and evaluate the effectiveness of the developed model on real data.

Bayesian networks are graphical models that reflect probabilistic relationships between variables. They are used to model complex systems where there is uncertainty. A Bayesian network consists of nodes representing variables and arcs reflecting relationships between them. Noisy-MAX nodes are a type of node in a Bayesian network that is used to model situations where the outcome is influenced by several causes, but only one of them is dominant. Noisy-MAX nodes allow for effective modeling of situations such as the influence of several risk factors on the development of a disease.

The network is trained on real data containing information about patients with neurobrain activity disorders. Bayesian network training algorithms, such as the expectation-maximization (EM) algorithm, are used.

Sensitivity analysis is used to assess the effectiveness of the developed network. The evaluation results show that the developed Bayesian network provides high accuracy in predicting neurobrain activity disorders.

The developed Bayesian network based on Noisy-MAX nodes is an effective tool for monitoring and predicting neurobrain activity disorders. It can be used for early diagnosis and prediction of these disorders, which will improve treatment

outcomes. In the future, it is possible to consider expanding the network to model a wider range of neurobrain activity disorders, try using more complex Bayesian network training algorithms, and plan to integrate the Bayesian probabilistic model with other monitoring and diagnostic systems.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Скорочення, термін, позначення	Пояснення
БМ	Байєсівська мережа
СШ	Системи штучного інтелекту
ЕЕГ	Електроенцефалографія
ВООЗ	Всесвітня організація охорони здоров'я
КТ	Комп'ютерна томографія
МРТ	Магнітно-резонансна томографія
ЕМГ	Електроміографія
ПЕТ	Позитронно-емісійна томографія
СПЕКТ	Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія
РС	Розсіяний склероз
ANB	Augmented Naive Bayes
TAN	Tree Augmented Naive Bayes
PC	Path Condition

ВСТУП

Драматичний вплив патологій мозкових захворювань на якість життя викликає все більше занепокоєння. Сучасні технології діагностики патологічних захворювань мозку створюють величезну кількість медичних даних, таких як: медичні зображення, дані електричних сигналів, фізіологічні дані. Аналіз і інтерпретація цих зображень або сигналів є основною проблемою «великих даних».

У сучасних дослідженнях нейромозкової активності одним із аспектів є розробка ефективних методів моніторингу та прогнозування порушень функції мозку, що може призвести до серйозних наслідків для здоров'я людини. Одним з поширених перспективних напрямків досліджень є використання байєсівських мереж, які здатні моделювати складні й невизначені зв'язки між змінними та допомагають виявляти приховані відносини в даних. Байєсівські мережі є потужними інструментами для аналізу, оскільки ці ймовірнісні моделі мають можливість адаптації до нових даних. Однак в наявних початкових ознаках дуже часто наявні не лише основні, але й другорядні поміхи, такі як шум, чи пропущені значення, які можуть вплинути на результати.

Одним із таких підходів для досягнення високої точності та надійності в прогнозуванні нейромозкової активності є використання Noisy-MAX вузлів у складі байєсівських мереж. Ці вузли можуть ефективно моделювати вплив шуму та оптимізувати процес прогнозування в умовах високої невизначеності, що є типовим для нейробіолога. У даній роботі розглядається розробка байєсівської мережі на основі вузлів Noisy-MAX для моніторингу та прогнозування порушень нейромозкової активності. Методом є створення моделі, яка може не тільки аналізувати стан мозку, але й передбачати можливості змін у його функціонуванні, що сприяє ранньому виявленню і усуненню розладів. Для досягнення цієї мети в роботі будуть розроблені основні принципи функціонування байєсівських мереж, зокрема їх здатність

обробляти ймовірнісну інформацію та підтримувати прогнозування на основі обмежених даних. Важливим аспектом є адаптація цих мереж до специфічних характеристик нейромозкової активності, яка має велику варіативність і піддається впливу численних факторів, таких як стрес, вік, анамнез супутніх захворювань.

Noisy-MAX допомагають зробити модель стійкішою до помилок вимірювання та зменшити ризик неправильних висновків при аналізі нейромозкової активності. Завдяки використанню таких вузлів, можна покращити точність прогнозування та забезпечити більш надійні результати. Важливою складовою роботи є побудова та оптимізація байєсівської мережі, що включає етапи збору даних, їх попередню обробку, а також визначення структури мережі та налаштування її параметрів. Модель буде тестуватися на реальних даних нейромозкової активності, отриманих за допомогою електроенцефалографії (ЕЕГ) та інших методів нейровізуалізації, що дозволяє отримати точні й об'єктивні вимірювання мозкового процесу.

Актуальність теми.

Незважаючи на успіхи, досягнуті в галузі штучного інтелекту та ймовірнісного моделювання, пов'язаного зі здоров'ям людей, все ще існує багато критичних викликів і відкритих питань, які спонукають дослідників моделювати все більше. Аналіз діяльності головного мозку є основним і відповідальним етапом діагностики неврологічних розладів. Він також використовується для розуміння того, що відбувається за лаштунками нападів тривоги, шоку чи апатії [1]. ЕЕГ є єдиним способом реєстрації електричної активності мозку за допомогою електродів, які неінвазивно розміщуються на шкірі голови або під час операції на мозку для вимірювання внутрішньо-черепних розрядів. ЕЕГ є найбільш використовуваним інструментом для діагностики порушень нейромозкової активності та моніторингу нападів. Були докладені значні зусилля в галузі неврології та психології. Однак, незважаючи

на високі можливості інтелектуальних підходів, особливо тих, що базуються на глибокому навчанні, спільнота нейронаук все ще не зовсім впевнена в цій технології та уникає її через відсутність пояснення так званих «чорних ящиків». Існує багато запитань, на які все ще немає чіткої відповіді:

- які найкращі підходи до симуляції стану тривоги людини з метою запису ЕЕГ для ефективного дослідження виявлення тривоги?
- як ми можемо розробити адаптивні системи виявлення занепокоєння, які можуть врахувати мінливість між окремими станами та налаштуваннями середовища?
- наскільки повно ймовірнісна модель може бути поясненою та давати актуальну інформацію для невролога?
- в яких випадках навчена модель може ефективно замінити створені вручну функції та як точно можна інтерпретувати результати?
- чи здатні обчислювальні моделі виявляти найвищі важливі часові фрагменти для прогнозування настання нейромозкового нападу?
- як відповідні результати можуть бути ефективно використані в системах прогнозування нападів?

У цій роботі ми розглянемо деякі частини цих питань, а також наведемо результати досліджень з розробки ймовірностно-детермінованих моделей на основі Байєсівських мереж для виявлення факторів впливу які призводять до мозкових порушень у пацієнтів. Враховуючи, що однією з проблем, при розробці Байєсівських мереж, є експоненційне зростання числа параметрів у таблицях умовних ймовірностей (CPT), у цьому дослідженні пропонується методика застосування Noisy-MAX вузлів для моделювання процесів нейромозкових порушень, що дозволяє знизити число цих параметрів.

Метою роботи є розробка моделі Байєсівської мережі на основі Noisy-MAX вузлів для аналізу та діагностування психо-неврологічних захворювань мозку.

Задачі дослідження.

Кваліфікаційна робота спрямована на розширення Байєсівських мереж (БМ) для вимірювання рівня факторів, що характеризують нейромозкову активність. В роботі показано, що БМ дозволяють виявити вірогідну залежність структури вхідних показників, які можуть бути проаналізовані більш детально за допомогою спостережень і аналізу чутливості БМ.

Основними задачами цієї роботи є:

- I. виконати аналіз об'єкта дослідження та предметної галузі, простежити тенденції, що мають вплив на предметну галузь;
- II. знайти оптимальний метод дискретизації досліджуваних змінних, що дозволить підвищити точність оцінки залежної змінної;
- III. на основі статистичних даних розробити структурну модель Баєсівської мережі, застосовуючи різні алгоритми навчання;
- IV. провести порівняльний аналіз результатів валідації створеної моделі на вузлах General і Noisy-MAX;
- V. виокремити найбільш оптимальні комбінації факторів для успішного діагностування нейромозкових порушень.

Об'єктом дослідження – є такі фактори, як симптоми, дані спостережень за пацієнтами та результати лабораторних тестів.

Предметом дослідження є моделі і методи інформаційної підтримки, методологічні аспекти діагностування захворювання.

Наукова новизна одержаних результатів:

- науково обґрунтована доцільність використання інструментарію БМ для аналізу факторів, що впливають на появу нейромозкових порушень;
- розроблено та впроваджено Байєсову модель побудови сценарію, при якому можливе прогнозування появи нейромозкових порушень у пацієнтів;
- показано, що розроблена Байєсова модель має не тільки теоретичне, а і практичне значення і може застосовуватись в медичній практиці.

Практичне значення одержаних результатів.

Завдяки інструментарію Байєсових моделей, а саме: структурному навчанню БМ; навчанню параметрів; валідизації; аналізу чутливості БМ; сценарному аналізу була створена та протестована зручна ймовірнісна мережа, що моделює сценарій, при якому можливе прогнозування появи мозкових порушень у пацієнтів.

Результати роботи в подальшому можна використовувати для застосовування в медичних установах при постановці діагнозу та ухваленні медичних рішень.

Апробація результатів бакалаврської кваліфікаційної роботи.

Результати бакалаврської кваліфікаційної роботи доповідались на: XXXIII міжнародної науково-практичної конференції “Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я” (MicroCAD-2025), 14-17 травня 2025 р.

Публікації:

Вороненко М.О., Бондаренко О.Є. ДІАГНОСТУВАННЯ ПОРУШЕНЬ МЕНТАЛЬНОГО ЗДОРОВ'Я ЗА ДОПОМОГОЮ БАЙЄСІВСЬКИХ МЕРЕЖ, XXXIII міжнародної науково-практичної конференції “Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я” (MicroCAD-2025), 14-17 травня 2025 р., рр.