

## ВСТУП

Спілкування – це величезний здобуток і привілей людини. З іншого боку – це також джерело проблем для людей з ментальними особливостями. Без прояву власних емоцій та повноцінного розуміння їх у співрозмовника, комунікації стають неможливими. Саме такі особливості мають люди аутистичного спектру. За даними ВООЗ на сьогоднішній день один з 160 дітей має розлад спектру аутизму (ASD).

То ж створення програмного забезпечення для визначення емоцій людини — має допомогти в терапії розладів аутистичного спектра. Що сприятиме соціалізації особистості через навчання правильного розпізнавання емоції та реагування на неї.

У час ІТ технологій функцію посередника у міжособистісній взаємодії бере на себе програмне забезпечення, яке стає невід’ємною частиною нашого життя, а його розробки призвели до численних успіхів. Взаємодія людина-машина набуває все більшого поширення у різних галузях життя: від особистого до професійного.

Високі показники володіння смартфонами свідчать про те, що використання гаджетів набуло поширення у повсякденному житті. З 2015 року відсоток користувачів смартфонами продовжує зростати у багатьох країнах та вікових групах.

З розвитком мобільних пристроїв та комп’ютерів, дослідження емоцій - це зростаюча область досліджень в наукових колах та промисловості. Тому у цій бакалаврській роботі було проведено аналіз існуючих методів та алгоритмів обробки даних для визначення емоцій. Актуальність даної роботи підтверджується великими коштами, що інвестують ІТ- гіганти, такі як Google, Facebook та правоохоронні системи країн великої сімки.

Об’єктом дослідження є сукупність методів та процедур при використанні визначення емоцій.

Предметом дослідження – є математичні моделі та графіки, алгоритми обробки інформації у процесі визначення емоцій.

Метою цієї бакалаврської роботи є розробка СППР при визначенні емоцій для індивідуального використання людьми аутистичного спектру. Також пошук сфер застосування розробленого алгоритму як самостійної одиниці, так і при інтеграції з іншими методами у тих сферах, де можливий комплексний підхід для визначення емоційного прояву людини. Реалізація даної мети потребує вирішення декількох завдань:

- Аналіз існуючих рішень;
- Аналіз сфер для використання;
- Пошук математичних методів;
- Пошук методів штучного інтелекту;
- Розробка системи підтримки прийняття рішень;
- Проведення порівняльного аналізу.

Практична реалізація даних рішень полягає в реалізації та монетизації ідеї у визначених сферах. Згідно з прогнозами, світовий ринок технологій визначення і розпізнавання емоцій досягне позначки [56,0 млрд. доларів США до 2024 року у порівнянні з 21,6 млрд. доларів США в 2019 році](#) [1]. У сегменті програмних продуктів технологія розпізнавання обличь та емоцій розвиватиметься найбільш швидкими темпами протягом періоду прогнозування.

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Аутистичний спектр

Аутизм ( грец.autos— «сам»; аутизм— «занурення в себе») – неврологічні розлади розвитку, що характеризується складнощами соціальної взаємодії, порушенням вербальної та невербальної комунікації, а також нав'язливими повторювальними рухами, як при ОКР. Перші ознаки розладу можна помітити протягом трьох років від народження [2], [3]. Причинами є інфекційні захворювання під час вагітності, генетика, неправильний обмін серотоніну й інших ферментів, анатомічні або функціональні порушення мозкової діяльності та екологічні фактори [4].

Основними характеристиками є повторювальні рухи, розлади харчової поведінки, емоційна недорозвиненість, інтелектуальні вади чи гіперкомпенсація у іншій сфері, а також тривожні розлади. Та головною ознакою таких людей, як соціальних істот, є складнощі особистої емоційної взаємодії із оточуючим світом. Обмежена соціалізація виникає саме з цього приводу. Такі люди уникають спілкування.

Основними проблемами таких людей є неможливість прожити окремо [4]; страждання від гучних звуків та яскравого світла; майже половина не може знайти роботу навіть при наявності диплому [5], не розуміння емоцій ускладнює комунікацію, пошук друзів і роботи; проблеми зорового контакту.

За оцінками експертів станом на 2015 рік більше 24,8 мільйонів людей мають розлад спектру аутизму [6]. У розвинених країнах приблизно 1,5% дітей з діагнозом РАС (розлад аутистичного спектру) станом на 2017 рік [7]. Сучасна статистика Великої Британії наголошує на те, що окрім зростання кількості дітей, що страждають на аутизм, також відзначається збільшення на 15% кількості дітей, у яких спостерігаються проблеми у емоційній, соціальній та поведінковій сферах. А це вказує на значно більшу

кількість школярів (практично кожний десятий), які мають особливі комунікативні потреби.

Нажаль поки що доступ до послуг та підтримки людей з ASD є недостатньою у всьому світі. Саме тому виникає нагальна потреба та користь від програмного забезпечення, яке допоможе якісно інтегруватися таким людям у наше суспільство. Адже ще досі існує безліч безглузвих стигм, дискримінації та порушення прав дітей з діагнозом РАС. Серед лідерів таких упереджень те, що аутизм може передаватися від дитини до дитини, як вірус грипу, і тому батьки забороняють своїй малечі спілкуватися з «особливими» однолітками. На другому місці те, що дитина з ASD «відробляє карму» за гріхи своїх батьків або погані вчинки у минулому житті. І на третьому – заперечення аутизму, ніби це «модний діагноз» від горе-батьків для своїх педагогічно-занедбаних дітей.

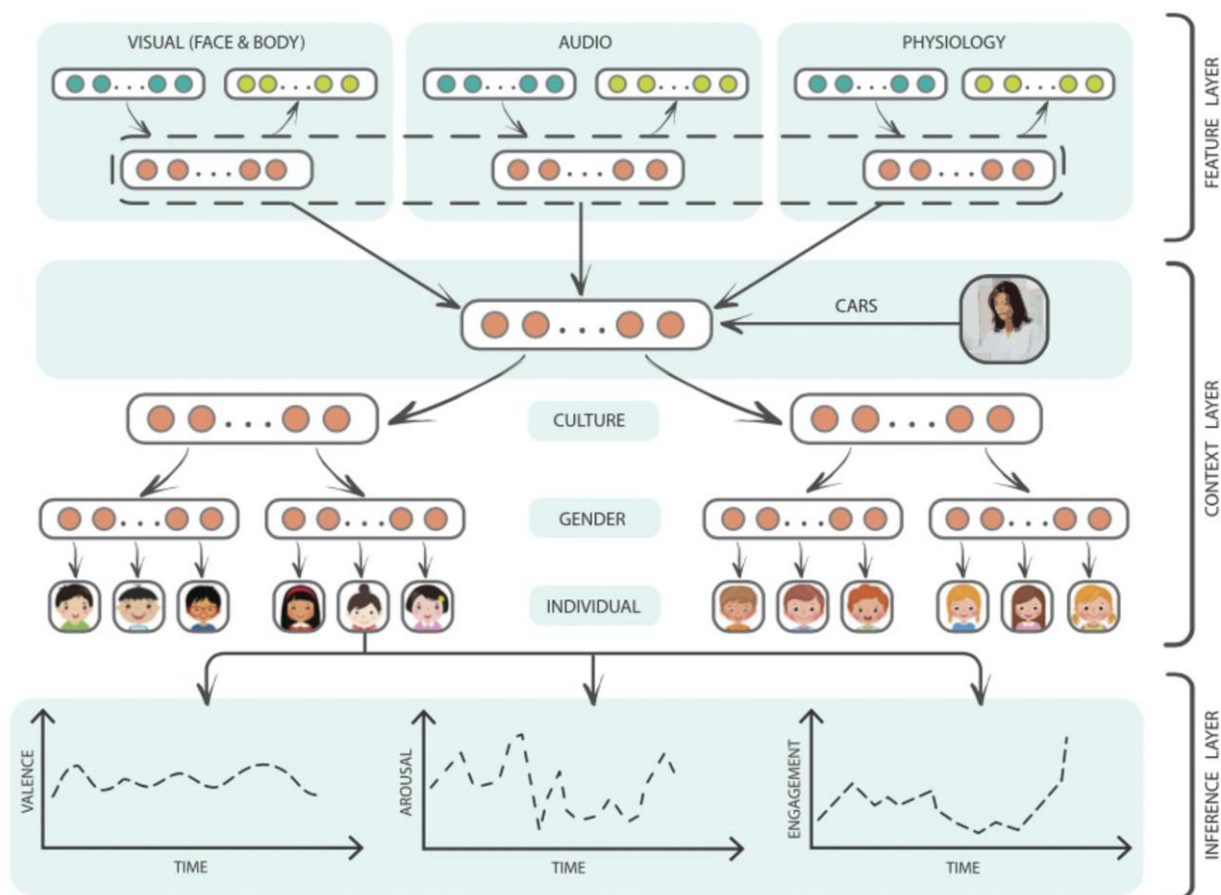
Лікування та профілактика розладу проводиться медикаментозно, та з допомогою психотерапевтів. Один з найбільш визнаних методів корекції – АВА-терапія (*Applied behavior analysis*) – поведінковий прикладний аналіз. Ще одним з можливих варіантів лікування аутистичного синдрому у дітей в майбутньому може стати робот.

Над QTrobot компанія LuxAI почала працювати ще 2016 року, прототип був готовий 2017 р. (рис. 1.1.1) Зараз його тестують у дитячих центрах Люксембургу, Франції, Бельгії та Німеччини. Модель оснащена потужним процесором та камерою і не потребує додаткового обладнання.



Рисунок 1.1.1 – QTrobot компанії LuxAI

За допомогою методів машинного навчання система аналізує інформацію трьох типів: візуальну, аудіо та фізіологічну. На основі даних про вираз обличчя, голос та позу робота вчиться визначати емоційний стан дитини (рис. 1.1.2). Це робить лікування дитини персоналізованим, а навчання емоційній реакції ефективнішим, що істотно допоможе в терапії



РАС [8].

Рисунок 1.1.2 – Схема аналізу інформації роботом

Робот здатен аналізувати залученість дитини у процес і на основі даних адаптувати свої дії, тим самим зацікавлюючи дитину чимось новим.

При перших проявах симптомів розладу в дитинстві можна почати тренувати здатність до емоційної та соціальної. Що у свою чергу значно полегшить життя в дорослому віці. За словами науковців, навіть для людей

без технічної освіти QTrobot має бути зручним у користуванні та легким у програмуванні.

## 1.2 Огляд базових моделей емоцій

Емоція (від лат. *Emoveo* – хвилюю, вражаю) – психічний процес середньої тривалості, що відображує суб'єктивне оціночне ставлення до існуючих чи можливих ситуацій та об'єктивного світу.

Описати емоції можна трьома складовими. По-перше, переживання чи усвідомлення психікою відчуття емоції. По-друге, фізіологічними процесами, що відбуваються у таких системах організму, як нервова, ендокринна, дихальна, травна та ін.. По-третє, прояв цілих виразних комплексів, які спостерігаються на обличчі, голосові забарвлення та жести. Водночас, існує істотна різниця між емоціями та емоційними процесами, такими як афекти, почуття та настрої.

В загальному випадку емоції можна виокремити з таких ресурсів: текст у реченнях з використанням емоційно забарвлених слів, міміка, зображення, мова, картини, пісні, декларації тощо. Виявлення емоцій можливе за допомогою різних технік машинного навчання використовуючи штучний інтелект. Більшість програмно-апаратних засобів використовує визначення основних емоційних станів.

У різні часи багато психологів намагалися визначити базові або фундаментальні емоції. На Заході ці спроби мають давню традицію. Авторами різних класифікацій були М. Арнольд, П. Екман, Дж. Грей, В. Джеймс, У. Макдавел, П. Джонсон-Лерд, С. Томкінс та ін..

Вільям Джеймс (1890) до базових емоцій відносив страх, горе, любов, злість. Дослідники Каліфорнійського університету в Берклі виділили 27 категорій емоцій: захоплення, обожнювання, естетична оцінка, веселощі, гнів, тривога, трепет, незручність, нудьга, спокій, замішання, пристрасне бажання, відраза, співчутлива біль, захват, збудження, страх, жах, інтерес, радість, ностальгія, полегшення, романтика, смуток, задоволення, сексуальне бажання

і здивування [9]. Це дослідження було засноване на 2185 коротких відеороликах, покликаних викликати певні емоції. Потім вони були змодельовані у вигляді «карти» емоцій [10].

Найпопулярніша модель була розроблена Полом Екманом у крос-культурному дослідженні у 1992 році. Вони дійшли висновку, що до базових емоцій людини належать наступні шість: злість, страх, щастя, смуток, огида та здивування. Ці емоції характеризуються як універсальні, оскільки вони виражаються однаково в різних культурах та епохах. Модель Екмана була використана в ряді наукових досліджень та в різних системах, які використовуються для розпізнавання емоційного стану з текстових даних та



міміки.

## Рисунок 1.2. Модель емоцій Плутчика

Модель емоцій Плутчика (Plutchik, 2001) (рис 1.2) є мірною моделлю, яка пропонує інтегративну теорію, засновану на еволюційних принципах та визначає вісім основних біполярних емоцій. Ці вісім емоції організовані в чотири набори: радість проти смутку, гнів проти страху, довіра проти огиди та здивування проти очікування. Кожну емоцію можна розділити на три ступені, наприклад, безтурботність - це менший ступінь радості, а екстаз - більш інтенсивний ступінь радості. Крім того, поєднуючи вісім основних емоцій можна формувати почуття. Наприклад, радість і довіра об'єднуються у кохання.

### 1.3 Що таке технології розпізнавання емоцій

Обличчя та мова найбільш точно передають емоційні стани людини. Вони відтворюють динаміку актуальних переживань людини. Саме тому для розпізнавання емоцій створювались технології по розвитку комп'ютерного зору та обробки природньої мови.

Facial expression recognition, face computing – розпізнавання емоцій по виразу обличчя - є підобластю технології обробки зображень. Коли обличчя потрапляє у камеру смартфона, веб-камеру або будь-який інший оптичний датчик, Emotion AI зчитує вираз обличчя у режимі реального часу, на записах чи зображеннях. Алгоритмами комп'ютерного зору фіксуються основні точки людського обличчя – очі, брови, кутики рота, кінчик носа – та відслідковуються їх рухи, які пізніше розшифровують. На наступному етапі іде співставлення отриманих даних з вже існуючими зразками з бази зображень. Почуття людини програмою розпізнається за поєднаннями виразів його обличчя .

На сьогоднішній день ринок електронних технічних рішень в області емоційного штучного інтелекту пропонує Affectiva або Karios , які вмюють



відстежувати наступні показники емоцій: радість, гнів, смуток, здивування, презирство та відразу. Додаткові функції можуть містити верифікацію та ідентифікацію по фото, визначення статі та віку, етнічну приналежність, наявність на зображенні декількох людей та ін [11], [12].

Програма розпізнавання емоцій по голосу – це наступний етап розвитку технологій обробки природньої мови. Вона обробляє аудіофайли, що містять людську мову, та аналізує не лексичне значення промовця, а те, як було вимовлено. Тут увага акцентується на змінах інтонації, гучності, темпу мови, а потім трансформуються отримані данні на площину емоцій. Програма здатна розрізняти вік та стать промовця.

Тут використовуються такі алгоритми машинного навчання, як глибоке навчання за допомогою Python, надточні нейронні мережі в Keras/TensorFlow та ін. Технологія може розрізняти емоції в акустичній мові з високим ступенем точності: чи щаслива людина, чи засмучена, здивований, злиться чи нейтральний.

Технологію багаторівневого аналізу голосу Layered Voice Analysis (LVA) розробила компанія Nemesysco. Вона виявляє напругу та брехню у повідомленні. Для цього в неї закладено 150 неконтрольованих біомаркерів для відстеження справжніх емоцій промовця не залежно від його рідної мови та інтонації. Такі данні можуть бути надзвичайно важливими для захисту від шахраїв у банківському секторі, у секторі державної безпеки та інших галузях.

Існує правило «7-38-55» особистої комунікації. Суть його полягає в тому, що зміст тексту впливає лише на 7% нашого сприймання інформації, мова рухів та тіла відповідає на 55%, а 38% сигналів передає інтонація та тембр голосу. Зрозуміло, що технології розпізнавання емоцій повинні сприймати всі вербальні та невербальні сигнали, аби з великою точністю оцінити емоційний стан людини [13]. Така точність особливо важлива, якщо «клієнтом» є людина з аутичним спектром.

## 1.4 Сфери використання розпізнавання емоцій

Важливою метою взаємодії людина-машина, особливо у галузі вираження емоцій, є розробити алгоритми для розпізнавання емоцій машинами. Такі розробки мають надзвичайне значення в багатьох областях, особливо в медицині, освіті, робототехніці, сфері маркетингу, соціальному секторі тощо. Загалом, у будь-якій сфері, де потрібне глибоке розуміння емоційної реакції людини на певні дії. Застосування даних розробок може використовуватись для досягнення різних цілей (1.4.1) Технологія розпізнавання обличчя може застосовуватися в системах безпеки, у тому числі для контролю доступу, автентифікації, верифікації платежів, а також у ході проведення інтерв'ю чи допитів.

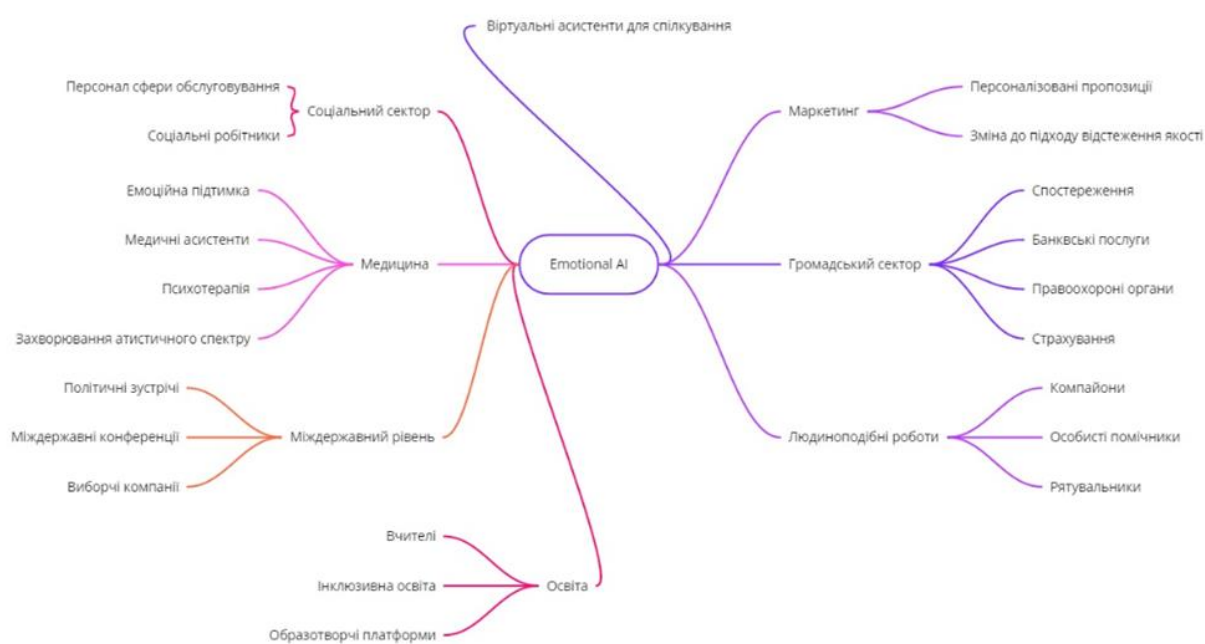


Рисунок 1.4.1 – Сфери використання технологій розпізнавання емоцій

У психотерапії технології відстеження емоційного стану нададуть можливість швидкого реагування, наприклад виклик швидкої. Вже існують програми для трекінгу емоцій та настрою. Приклади: «Дневник – Трекер

Настроения – Daylio» - додаток для ведення щоденника та відслідковування змін настрою за допомогою смайлів (Рис 1.4.2).



Рисунок 1.4.2 – «Дневник – Трекер Настроения – Daylio»

Додаток eCBT – відслідковує стрес за допомогою тренувань з фокусування та вмінню розслаблятися. Він також допоможе навчитись співвідносити свої міркування з поведінкою. Додаток має три версії, кожна призначена для окремого психічного розладу: Mood – афективні розлади, Calm – тривожні розлади, Trauma – посттравматичний стресовий розлад (ПСТР).

В медицині існує так звана «емоційна підтримка». ІОТ-девайси з інтерактивними помічниками можуть нагадувати людям літнього віку про необхідність вчасного прийому ліків та щоденного емоційного супроводу, через функцію підтримки розмови для спостереження за самопочуттям пацієнтів.

Медичний асистент Emotion AI має можливість бути корисним лікарям під час діагностики, а також для підтримки і корегуванні призначень в процесі одужання пацієнта. Вже існує велика кількість програм:

- Doctor Booster – додаток для медичних працівників. Має функції збереження історії хвороби, створення шаблонів для запису нотаток, розклад прийому пацієнтів, довідники та багато іншого (рис 1.4.3.)



Рисунок 1.4.3 – додаток для медичних працівників Doctor Booster

- Isabel – асистент для допомоги в діагностиці. Функції: перегляд доповідей, деталізація результатів за віковими показниками, статтю тощо.
- Також є програми для відстеження зміни кольору обличчя при діагностиці шкіряних захворювань.

Ще однією сферою використання технології розпізнавання емоцій є віртуальні асистенти для спілкування. Ці програмні продукти створені для відповідей на запитання з можливістю підтримання розмови та пошуку інформації в інтернеті. Серед них:

- Amazon Alexa, вона ж Echo.
- Bixby від Samsung.
- Cortana від Microsoft.

- Google Assistant і Google Now.
- M від Facebook.
- Siri від Apple Inc.

При взаємодії людини з комп'ютером система може відстежувати емоції користувачів, щоб пропонувати відповідну їхньому стану музику або фільми [3].

В сфері маркетингу визначення емоційної реакції на рекламу покупців край важлива. Це може зіграти ключову роль в цілому, оскільки спеціалізовані рекламні оголошення засновані саме на емоційному стані потенційного клієнта. На думку всесвітньо відомого американського підприємця та письменника Сет Годіна «Люди не купують товари і послуги. Вони купують відношення, історію і магію».

Ціллю емоційного маркетингу є вміння правильно розуміти навколишню ситуацію, помічати потреби та бажання людей, розуміти їх слабкі та сильні сторони, бути привабливим аби мати вплив. Технології розпізнавання емоцій застосовуються з такою метою:

- визначення оптимального положення рекламних місць, а також показ її в залежності від статі і віку. За даними агентства по дослідженню ринку Kantar Millward Brown використовує технологію розроблену американською фірмою Affectiva для вимірювання реакції глядачів на ТВ-рекламу;
- супермаркети можуть використовувати технології у проходах для аналізу віку, статі, настрою відвідувачів. Така інформація допомагає у цільовому маркетингу при розміщенні товарів;
- визначення часу доби і днів тижня з найбільш щільним потоком відвідувачів;
- аналіз поведінки персоналу;
- оцінка якості обслуговування;
- пошук «гарячих» зон в магазинах

тощо.

За рахунок автоматичного розпізнавання емоцій забезпечується можливість надавати реально потрібний продукт для кожного у найвдаліший час.

Сфера безпеки також активно використовує новітні розробки.

Деякі стартапи пропонують технології розпізнавання емоцій для вибору кандидатів на певні посади у якості заходів безпеки. Британська компанія WeSee стверджує, що штучний інтелект здатен виявити підозрілі сигнали поведінки, аналізуючи непомітні для неозброєного ока підказки (рис. 1.4.4). Такі емоції, як сумнів та злість, можуть приховуватися та суперечити тому, що говорить людина. Виконавчий директор WeSee Девід Фултон стверджує, що у співпраці із «високопосадовою» правоохоронною організацією «Можуть встановити настрій людини або його наміри з-за допомогою його виразів, пози, жестів та рухів» [14].

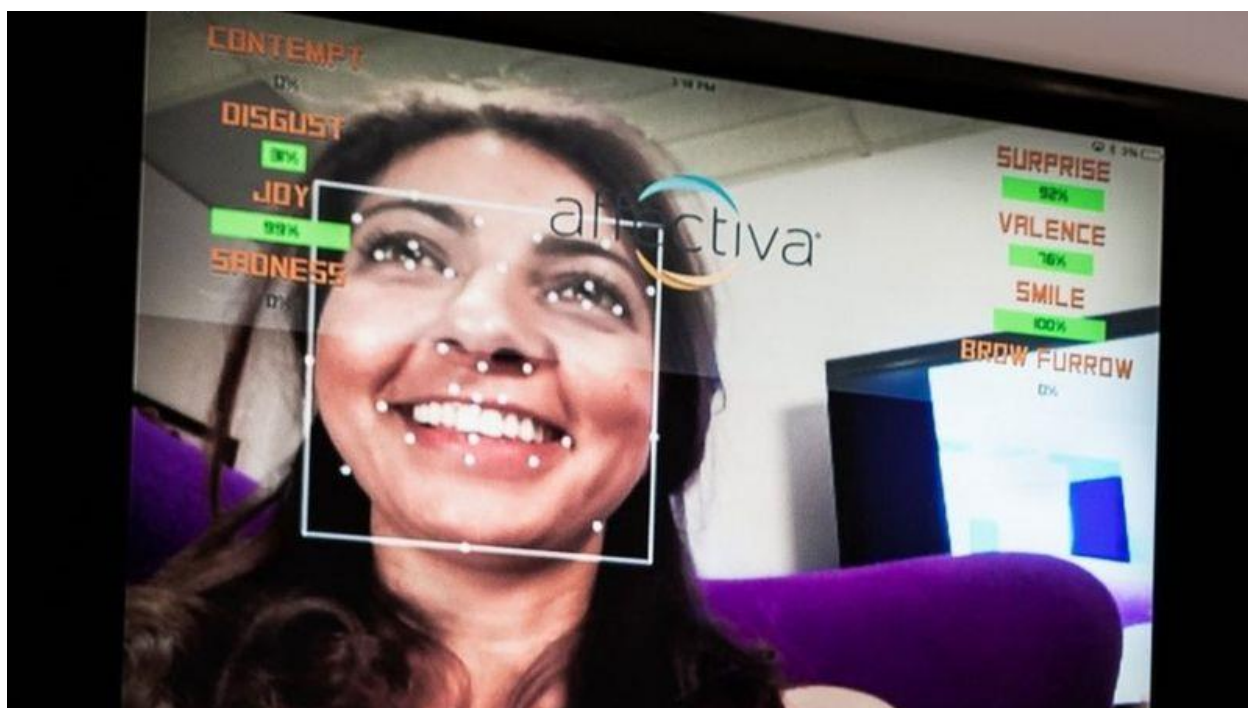


Рисунок 1.4.4 – Технологія WeSee використовується для доступу до емоційного стану людей під час інтерв'ю

Подібні технології також використовуються для розуміння мотивів та реального ставлення на міжнародних зібраннях та у політичних відносинах. Вони залучаються для визначення емоцій при перегляді реклами під час виборів на державні посади.

«Теж саме можна використовувати у натовпі на заходах на кшталт футболу або політичних мітингах», - говорить Фултон. В майбутньому правоохоронні органи зможуть використовувати технологію WeSee розташовуючи відеокамери на платформах станцій метро для розпізнавання підозрілої поведінки. До влади будуть доходити сповіщення про потенційну терористичну загрозу.

Лідером у сфері спостереження на сьогоднішній день є Китай. Згідно з дослідженнями Comparitech, 54% з 770 мільйонів камер відео нагляду у світі встановлені в саме там. Держава дедалі ширше використовує штучний інтелект для спостереження за своїми громадянами. І хоча офіційний голос КНР нейтрально сповіщає, що відслідковування настрою людей за допомогою визначення емоційного стану натовпу використовується з метою попередження бунтів чи інших негативних дій, дійсність може містити й інше аспекти.

За словами співрозмовника BBC, який забажав залишатися анонімним через побоювання переслідування з боку держави: «Китайський уряд використовує уйгурів (національність жителів провінції Сіньцзян) як піддослідних щурів в лабораторії» [15]. Він розповів, що по всьому Китаю у відділках поліції використовують «гамівні стільці», до яких металічними браслетами приковують зап'ястя людей. «Камера встановлюється на відстані трьох метрів від людини. Це схоже на детектор брехні, але куди більш досконалий», - пояснив він. Увага звертається на розпізнавання навіть малопомітних рухів міміки і стану шкіряних пор. Результат має вигляд кольорової діаграми, в якій тривожність та негативний настрій зображується червоним сектором. Без підкріплення іншими доказами щодо людей виносять судження лише на підставі заключення технології.

Якщо держави будуть використовувати технології розпізнавання емоцій таким чином, то побоювання щодо демократії будуть цілком закономірними. На думку президента компанії Microsoft Бреда Сміта вже у 2024 році життя, описане у книзі Джорджа Орвелла "1984", може стати реальністю.

Технології розпізнавання емоцій також активно використовуються у робототехніці. Минув час, коли компаньйонами були тільки собаки. Зараз розробляють людиноподібних роботів – компаньйонів на зразок «Світу дикого заходу». Серед них Софія від Hanson Robotics (рис 1.4.5). Фактично, Софія – це система на зразок Siri, Google Assistant, Alexa. Вона використовує відстеження обличчя, розпізнавання емоцій, рухи, проте це лише чат-бот з людським обличчям та мімікою.



Рисунок 1.4.5 – Робот-компаньйон Софія



В освіті технології розпізнавання емоцій можуть також відігравати важливу роль. Підчас занять учні та студенти природньо реагують на зміст навчального матеріалу та спосіб передачі його викладачем. І тут розпізнавання емоцій допомагає зрозуміти настрій того, хто навчається, для того аби відслідкувати ступінь занурення в учбовий процес, ефективність та корисність цього процесу. Завдяки такому емоційному аналізу можливо скоректувати стратегію навчання. Це допоможе поліпшити освітні програми та оновити зміст навчання.

Ще одним прикладом в сфері освіти є онлайн платформи, на яких викладачі бачать, коли учні брешуть чи списують. З метою покращення якості життя платформи з персональними алгоритмами для освоєння матеріалу можуть приймати рішення щодо навчальних матеріалів на основі психічного стану користувачів. На сьогоднішній також готується рішення для інклюзивної освіти: Pepper та NAO від SoftBank Robotics .

В соціальному секторі можна використовувати роботи, як персонал у сфері обслуговування: прибиральники, офіціанти, різноробочі, водії. Також у державних закладах, як системи, що замінять соціальних робітників та не менш ефективно розпізнають емоційний стан та за допомогою алгоритмів підберуть найкращий варіант для вирішення проблем.

З метою забезпечення безпеки на дорозі система може відстежувати стан водія за кермом на втому, роздратованість, сонливість. Це покращить комфорт, як для водіїв, так і для пасажирів.

У галузі страхування технологія розпізнавання емоцій допоможе при визначенні ризиків шахрайства під час заповнення страхових полісів та видачі за страховими випадками компенсацій.

Банки та фінансовий сектор потребує професійної оцінки та гарантій при видачі кредиту аби уникнути ризик потрапляння на шахраїв. Приклад система розпізнавання обличь від Evergreen для Кредитмаркет .

Також Emotion AI може налаштувати біометрію для персоналізації платежів.

## 1.5 Ризики використання систем розпізнавання емоцій

Розпізнавання емоцій і обличчя має також свої негативні особливості або по іншому ризики.

Перший ризик відноситься до конфіденційності. Суспільство, як правило, погоджується з тим, що за ним слідкують камери спостереження. Технологія розпізнавання обличчя може бути застосована як повноцінне стеження за людиною, всіма її кроками. У той же час багато провідних компаній розробляють технологію, яка розпізнає емоції і обробляє ці дані, коли людина про це навіть не здогадується, що породжує певний набір проблем з конфіденційністю.

Другий ризик відноситься до проблеми безпеки даних, яка є дуже актуальною в наш час. Для того, щоб мінімізувати страхи цих ризиків в очах людей, більшість компаній, які використовують (або мають намір використати) таку технологію, мають обов'язково встановлювати важливі попереджувальні знаки та повідомлення, що дозволяють таким технологіям правильно взаємодіяти з людьми.

## 1.6 Огляд методів визначення емоцій з використанням технічних засобів

У психологічній літературі емоції визначено, як реакцію індивіда на зовнішні стимули, які включають в себе поведінкові, фізіологічні та експериментальні компоненти (Gross and Thompson, 2007). Існує щонайменше три основні способи, за допомогою яких психологи оцінюють мімічні прояви емоцій (див. Розенберг та Екман, 2000).

Перший підхід полягає в тому, щоб кодери (люди без спеціальних знань та вмінь) переглядали фото або відео матеріал, а потім спираючись на свої емпіричні та інтуїтивні припущення визначали, які саме емоції вони бачать на цільових обличчях цих зображень. Ця методика порівняно проста і швидка у виконанні. Проте вона обмежена тим, що кодери можуть пропустити тонкі рухи обличчя, і тим, що розпізнавання може бути упередженим своєрідними

особливостями різних облич. Крім того, ця методика не дозволяє розпізнавати, які саме риси обличчя відповідають певним емоційним виразам.

Другий підхід полягає у використанні компонентного кодування схеми, в яких навчені кодери використовують суто регламентовану процедурну техніку виявлення мимічних рухів. Під навченим кодерами розуміються люди з профільними знаннями в сфері психології або такі, що пройшли курс з визначенням емоцій. Наприклад, система кодування дії обличчя (Екман та Фрісан, 1978) - це комплексна система вимірювань, яка використовує покрокові оцінки анатомічно заснованих ознак обличчя ("одиниці дії"). Перевагами цієї техніки є багатий набір даних, а також можливість розкрити нові мимічні рухи на обличчі для розробки додаткових опорних точок та удосконалення існуючих алгоритмів. Недоліки цієї системи полягають в тому, що покрокове кодування точок надзвичайно кропітке.

Третій підхід полягає в отриманні більш прямих даних через рухи м'язів за допомогою електроміографії обличчя (ЕМГ) з використанням електродів, що прикріплені на шкірі обличчя чи голови. Це дозволяє більш точно вимірювати данні. Обмеженнями даного підходу є складність розміщення електродів на активно рухливій людині. Такий підхід також не є ефективним при розпізнаванні архівних кадрів.

### 1.7 Базовий алгоритм, що лежить в основі методів автоматичного розпізнавання емоцій

Загалом алгоритм машинного визначення емоцій по зображенню має декілька основних етапів[16]:

- Пошук зображення. Включає в себе завантаження файлу або пошук по камері, якщо обробка проходить в режимі реального часу.
- Нормалізація. Має на меті прибирання шумів, колірних та інших перетворень. Під шумами розуміються вади освітлення, механічні

пошкодження, а також такі, що виникають при передачі даних. Вирішення цієї задачі можна реалізувати через: усереднюючі фільтри, а саме алгоритми основані на середньому арифметичному, середньому геометричному; або на фільтрах порядкової статистики, а саме мінімумі, максимуму, медіани.

- Пошук людини, а саме обличчя на зображенні.
- Пошук основних елементів обличчя. Наприклад, розташування очей, носа, губ, брів.
- Класифікація емоції. Визначають параметри вагів для класифікації та перевіряють їх при можливих результатах. Існують дві стратегії подальшої корекції: при невдачі змінюють показники у менший бік, при коректному розпізнаванню змінюють показники у більше значення.

## 2. МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ПРОЦЕСУ РАННЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ НА ОСНОВІ ДАНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Функціональна модель запропонованого рішення у нотації

#### IDEF0

IDEF0 – загально прийнята техніка застосовування для структурованого аналізу та проектування систем. Використання її збільшує ефективність та передачу інформації в комп’ютерних інтегрованих виробничих системах. Методологія IDEF0 передбачає створення схеми високого рівня та поступового розбиття її на декомпозицію окремих блоків.



Рисунок 2.1.1. Функціональна модель визначення емоцій

На моделі зображена система, метою якої є розшифрувати емоції, отримані із завантаженого файлу, що містить зображення.

Вхідними параметрами виступають фото та модель базових емоцій.

Фото, а саме: файл, що містить зображення з обличчям. Ця інформація є необхідною для системи.

Модель базових емоцій містить перелік базових емоцій.

Управляючими елементами є показники емоцій, показники Хаара та алгоритми навчання.

Показники емоцій, а саме їх характеристики для визначення.

Показники Хаара, алгоритм для виділення фрагментів на зображенні для детального впізнання наявних емоцій.

Під «алгоритми навчання» мається на увазі нейрона мережа, що навчається на пізнаванні емоцій по методу показників Хаара.

В якості механізму виступає експерт, користувач та програмний продукт.

Експерт – це людина, навчений кодер, що має спеціальні знання та вміння розпізнавати емоції на зображенні.

Користувач - це людина, наївний кодер, що не має спеціальних знань та має порушення у відділах мозку, що відповідають за емпатію та вміння розпізнавати емоції.

Під «програмним продуктом» мається на увазі сама система, що використовується.

Вихідними параметром є визначена емоція.

Декомпозуємо функціональну модель визначення емоцій для детального розгляду ключових етапів системи.

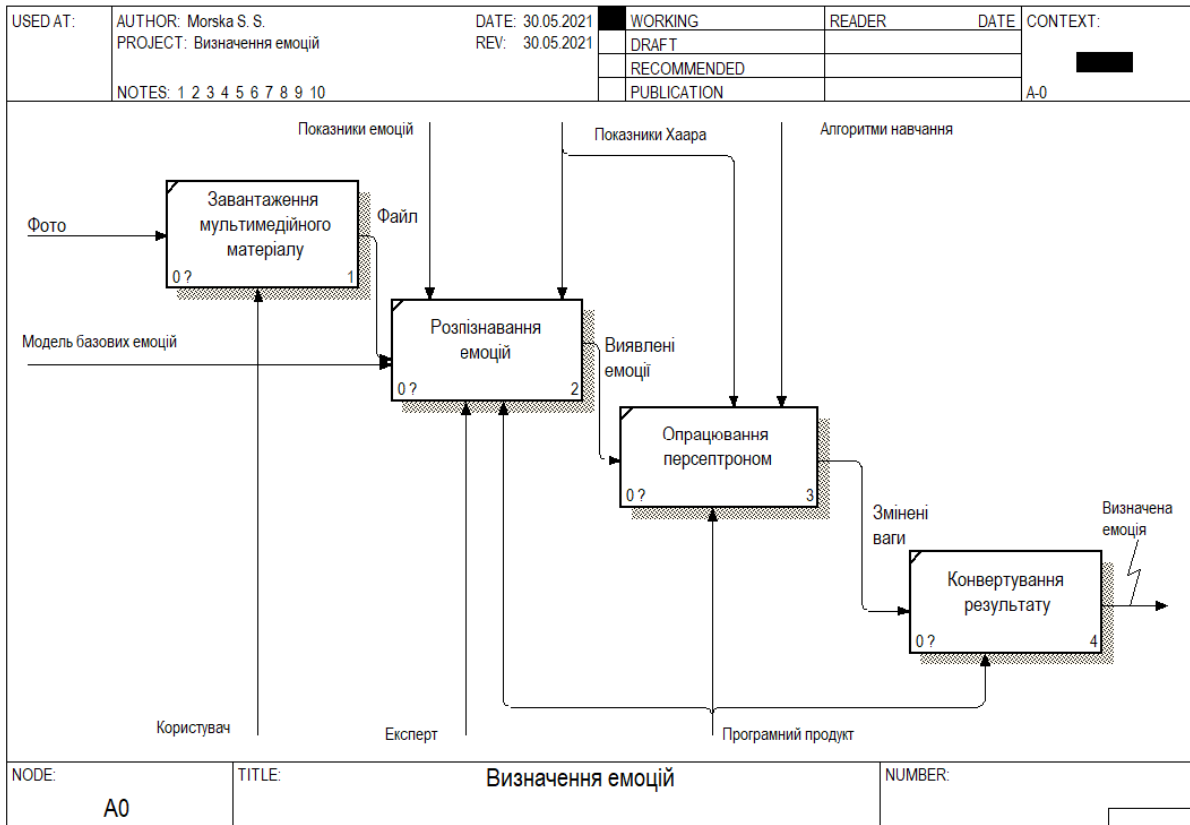


Рисунок 2.1.2. Декомпована функціональна модель розшифровки результатів лабораторних досліджень

Першим етапом є завантаження мультимедійного матеріалу, а саме – фото. Вхідним параметром є фотографія, що користувач вносить до системи. Цей блок не містить механізми. Управляючим елементом виступає користувач, що завантажує файл. Після завантаження файлу з фотографією, система змінює формат на той, що підтримується у налаштуваннях, нормалізує, прибирає шуми та усі перешкоди для визначення емоцій. Після усіх змін готовий файл передається у другий блок.

Наступним етапом є розпізнавання емоцій. Вхідними параметрами виступають файл, що було передано з першого етапу та модель базових емоцій, що розробив Пол Екман. Механізмами є показники емоцій за роботами того самого Екмана. Управляючим елементом може виступати експерт, що дає свою оцінку даному файлу та програмний продукт, що записує результати у базу даних. Результатом є виявлені емоції.



Третім етапом є опрацювання персептроном. Вхідними параметрами є виявлені емоції з попереднього етапу. Управляючими елементами виступають показники Хаара та алгоритми навчання персептрона, що відкалібровують результати з попереднього етапу та змінюють ваги у персептроні. Механізмом є програмний продукт, що змінює ваги та записує результати під час данного етапу. Результатом є зміна ваг.

Останнім етапом є конвертування результату, а саме запис у базу даних кінцевого результату, збереження змін у налаштуваннях. Вхідним параметром є зміна ваг. Управляючих елементів не містить цей блок. Механізмом є програмний продукт. Вихідним параметром є виявлена емоція.

## 2.2 BPMN модель AS - IS та TO - BE визначення емоцій

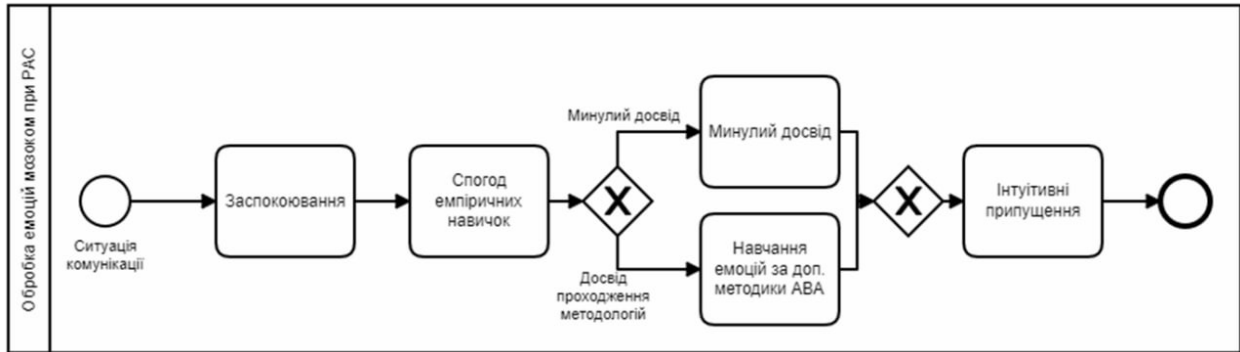


Рисунок 2.2.1. Функціональна модель AS-IS (Як є) у нотації BPMN 2.0

AS-IS (Як є) – функціональна модель, що описує шаги, як відбувається реалізація процесу визначення емоцій на даний момент.

Як вже розглядали раніше, технології визначення емоцій вже існують, але для людей з РАС вони не доступні. На даний момент вони використовуються тільки у лабораторіях чи закордоном у невеликій партії для продажу. Тому при аутистичному спектрі без допомоги технологій визначення емоцій відбувається так, як на зображено на рисунку 2.2.1.

Запуском процесу є перший блок – ситуація комунікації. Загалом визначення емоцій у людей з РАС відбувається тільки у процесі комунікації. Натомість у людей без розладу такий саме процес відбувається й у ситуаціях прогулянки на вулиці, коли вони оцінюють прохожих; при обдумуванні, що казати краще в різних ситуаціях. На протигагу люди з РАС говорять не роздумуючи, як вимовлені слова можуть вплинути на співрозмовника.

При розладах аутистичного спектру також притаманні тривожні розлади. Тому перший блок «Заспокоювання» має місце бути. В ситуації комунікації людям дуже лячно і тому аутистам притаманна поведінка не дивитися в очі,

перебирати руками дрібні речі чи свій одяг – таким чином вони заспокоюють себе.

Другий блок – «Спогад емпіричних навичок» - також може в якійсь мірі виступати елементом заспокоєння. Спогади минулих подібних ситуацій та навченого алгоритму дій допомагає опанувати ситуацію. Наприклад, коли кажуть, що потрібно у день народження вітати своїх друзів та знайомих. Для людей з РАС це не має реальної необхідності і вони найчастіше цього можуть не робити. Але коли їм кажуть, щоб здати домашню роботу її треба привести у шаблонний вид: заповнити дату, назву, завдання та потім приступати до виконання, то людина це запам'ятає на довгі роки і при подібній ситуації на роботі чи виховані дітей для них буде дуже важливо саме заданий порядок виконання, та ніяк інакше. Так бачимо, що тривожний компонент нівелюється компульсією. Цей блок має розподіл на 2 складові для детальної класифікації спогад та на їх аналізі розробки точки сприйняття:

3.а Минулий досвід. У блоці розуміється під минулим досвідом спогади, що були набуті за життєвий період з схожими ситуаціями. Прикладом може бути спогади ситуацій дитинства, коли батьки казали – «Не бійся, твої однокласники просто тебе вітають з днем народження, бажають добра, вони не зроблять тобі погано. Просто посміхайся та приймай вітання, не соромся». Коли до аутистичної дитини збільшена увага однолітків та перезбуджена нервова система сигналізували про ситуацію небезпеки. То при повторювані ситуації вже у дорослому житті, людині також це дуже важко сприймати як безпечні обставини і вона буде намагатися її уникнути, але вже з емпіричним спогадом буде знати, про етикет приймання вітання. На жаль для людей з РАС такого досвіду потрібно набагато більше ніж дітям без аутистичного компонента.

3.б Блок «Навчання емоцій за допомогою методики АВА» має на увазі корекційну методику, що дозволяє навчитись вмінь, як себе поводити в тій чи іншій ситуації, картки з емоціями людей. Тобто людина з РАС може згадувати

вправи та навички, що здобули. АВА – методика основана на закріпленні позитивного результату.

Останній блок «Інтуїтивних припущень» полягає в тому, щоб зібрати усі вище перераховані етапи та на основі досвіду спілкування саме з даною особою побудувати своє думку про емоції включаючи контекст ситуації.

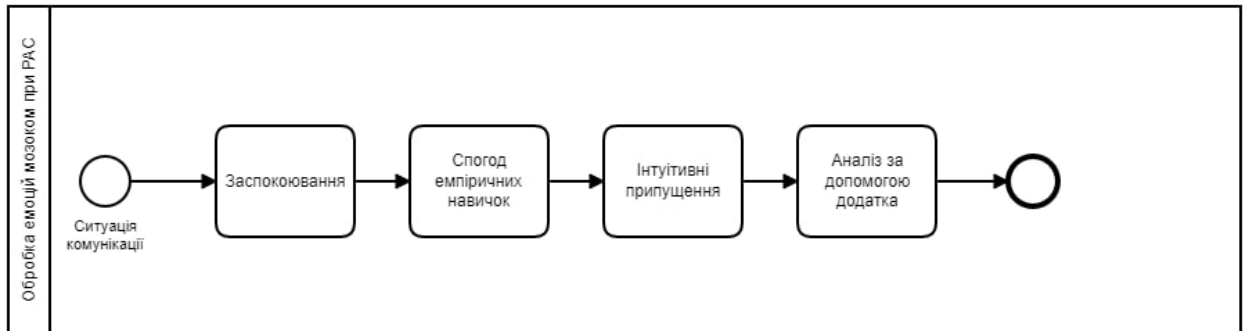


Рисунок 2.2.2. – Функціональна модель переведення визначення емоцій за допомогою розробленої методики ТО ВЕ

Як видно з моделі перші блоки однакові з моделлю AS-IS. В даній схемі означають те саме, що описувалось вище.

Блок «Аналіз за допомогою додатка» передбачає виявлення емоції у додатку з додаванням емпіричного досвіду та інтуїтивних припущень. Тобто люди з розладами аутистичного спектру можуть не надіятися на відділи мозку, що зазнали вад через розлад, а за допомогою додатка тренувати їх та користуватись у реальних життєвих обставинах.

### 3. ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО РІШЕННЯ ПО РОЗШИФРУВАННЮ ЛАБОРАТОРНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО АНАЛІЗУ КРОВІ

#### 3.1 Моделювання даних системи визначення емоцій

Об'єктна модель – це програмне забезпечення чи система, що моделюється за допомогою об'єктно-орієнтованих методів. Створюється перед розробкою або програмуванням додатка, що допомагає створювати архітектуру чи модель системи.

Об'єктна модель описує систему за допомогою об'єктів та класів та визначає об'єкти для розробки бази даних. Описує інтерфейси та зв'язки між моделями та функціями.

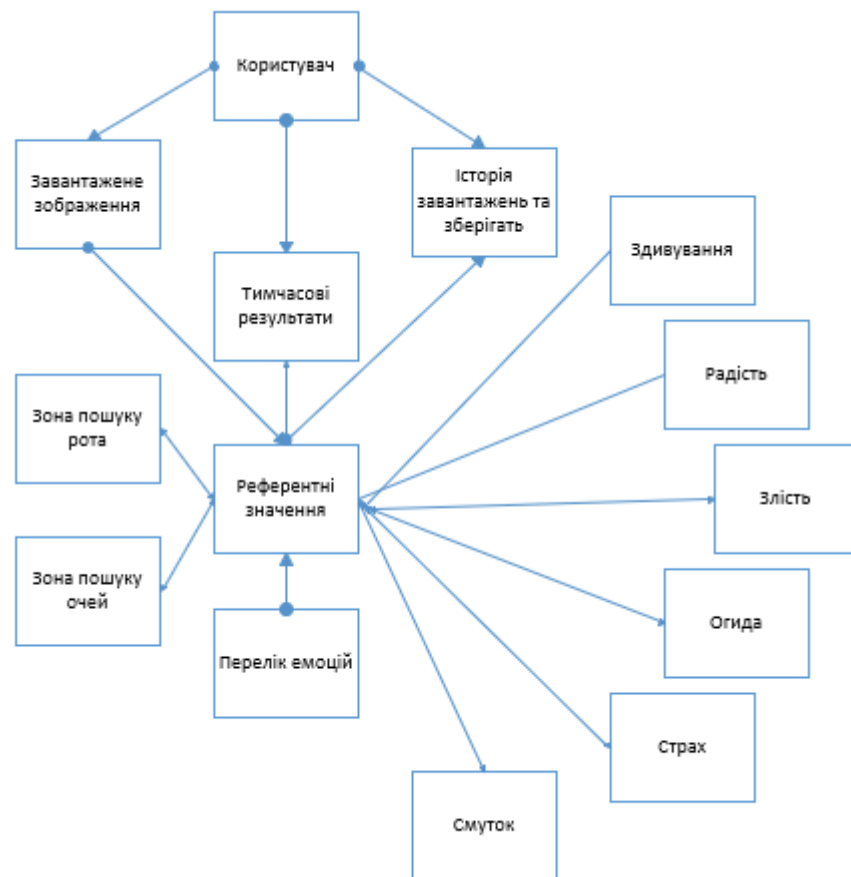


Рисунок 3.1.1. Об'єктна модель визначення емоцій

Поточна система має в собі 14 об'єктів: користувач, завантажене зображення, історія завантажень та зберігань, тимчасові результати, референтні

значення, тимчасові результати, зона пошуку рота, зона пошуку очей, перелік емоцій, здивування, радість, смуток, страх, огида, злість. Референті значення мають зв'язок з усіма іншими групами, адже спираючись на інші об'єкти встановлюється показники.

В рамках поточної системи реалізована база даних, яка складається 14 таблиць:

Таблиця 1. Referents\_value – таблиця для визначення референтних значень.

Таблиця має такі поля:

1. ID\_Referents\_value - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Users – індикаційний номер користувача, що завантажив файл. Тип даних INTEGER
3. Created – дата створення. Тип даних Data
4. Photo - індикаційний номер фотографії. Тип даних INTEGER
5. Referents\_eyes - індикаційний номер діапазону для очей, було знайдено на фотографії та приймалося до уваги при визначені емоції. Тип даних VARCHAR (256).
6. Referents\_mouth - індикаційний номер діапазону для рота, було знайдено на фотографії та приймалося до уваги при визначені емоції. Тип даних VARCHAR (256).
7. Emotion – яка саме емоція була припущена у розгляді таких параметрів Referents\_mouth та Referents\_eyes. Тип даних String.
8. % - відсоток визначеної емоції. Тип даних Float.

Users – таблиця з даними користувачів.

Таблиця має такі поля:

1. ID\_Users - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Name – ім'я чи нікнейм користувача. Тип даних VARCHAR (256)

3. Login – логін, може бути номером телефону. Тип даних VARCHAR (256)
4. Password – пароль. Тип даних VARCHAR (256)

History – таблиця, для відображення історії завантажень та оцінювання емоцій користувачами.

Таблиця має такі поля:

1. ID\_History - виступає первинним ключем в таблиці та має автоінкремент. Тип даних INTEGER
2. Users – найменування користувача, його індикаційний номер. Тип даних VARCHAR (256)
3. TimeTable - індикаційний номер з таблиці TimeTable. Тип даних VARCHAR (256)
4. Created – дата створення. Тип даних Data
5. Photo - індикаційний номер фотографії. Тип даних INTEGER
6. Emotion – яка саме емоція була припущена у розгляді таких параметрів Referents\_mouth та Referents\_eyes. Тип даних String.
7. % - відсоток визначеної емоції. Тип даних Float.

Time\_Table - таблиця, для відображення історії завантажень та оцінювання емоцій користувачами. Передає до таблиці «Історії» данні при нажаті кнопки «зберегти»

Таблиця має такі поля:

1. ID\_TimeTable - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Users – найменування користувача, його індикаційний номер. Тип даних VARCHAR (256)
3. TimeTable - індикаційний номер з таблиці TimeTable. Тип даних VARCHAR (256)
4. Created – дата створення. Тип даних Data

5. Photo - індикаційний номер фотографії. Тип даних INTEGER
6. Emotion – яка саме емоція була припущена у розгляді таких параметрів Referents\_mouth та Referents\_eyes. Тип даних String.  
% - відсоток визначеної емоції. Тип даних Float.

Area\_for\_Diagnostics\_Eyes – таблиця для зберігання показників, що використовуються при пошуку очей.

Таблиця має такі поля:

1. ID\_Area\_for\_Diagnostics\_Eyes - виступає первинним ключем в таблиці.  
Тип даних INTEGER
2. Width – висота, по осі y. Тип даних Float
3. Length - довгота, по осі x. Тип даних Float

Area\_for\_Diagnostics\_Mouth - – таблиця для зберігання показників, що використовуються при пошуку рота.

Таблиця має такі поля:

1. ID\_Area\_for\_Diagnostics\_Mouth - виступає первинним ключем в таблиці.  
Тип даних INTEGER
2. Width – висота, по осі y. Тип даних Float
3. Length - довгота, по осі x. Тип даних Float

TimePhoto – таблиця для зберігання завантажених файлів.

Таблиця має такі поля:

1. ID\_Photo - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Document – документ, що завантажено. Тип даних File.
3. Created - Created – дата створення. Тип даних Data

Enum\_Type\_of\_Emotion – таблиця для переліку емоцій

Таблиця має такі поля:



1. ID\_Type\_of\_Emotion - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Name – емоції, що розпізнаються. Тип даних VARCHAR (256)

Sadness - таблиця для переліку показників, що виявляють емоцію смуток

Таблиця має такі поля

1. ID\_Sadness - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Point\_for\_diagnosti\_on\_eyes – індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_Eyes, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER
3. Point\_for\_diagnosti\_on\_mouth - індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_mouth, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER

Happiness - таблиця для переліку показників, що виявляють емоцію радість

Таблиця має такі значення

1. ID\_Happiness - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Point\_for\_diagnosti\_on\_eyes – індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_Eyes, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER
3. Point\_for\_diagnosti\_on\_mouth - індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_mouth, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER

Fear - таблиця для переліку показників, що виявляють емоцію страх

Таблиця має такі значення

1. ID\_Fear - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Point\_for\_diagnosti\_on\_eyes – індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_Eyes, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER

3. Point\_for\_diagnosti\_on\_mouth - індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_mouth, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER

Surprised - таблиця для переліку показників, що виявляють емоцію страх

Таблиця має такі значення

1. ID\_Surprised - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Point\_for\_diagnosti\_on\_eyes – індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_Eyes, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER
3. Point\_for\_diagnosti\_on\_mouth - індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_mouth, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER

Disgust - таблиця для переліку показників, що виявляють емоцію огида.

Таблиця має такі значення

1. ID\_Disgust - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER
2. Point\_for\_diagnosti\_on\_eyes – індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_Eyes, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER
3. Point\_for\_diagnosti\_on\_mouth - індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_mouth, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER

Angry - таблиця для переліку показників, що виявляють емоцію злість

Таблиця має такі значення

1. ID\_Angry - виступає первинним ключем в таблиці. Тип даних INTEGER

2. Point\_for\_diagnosti\_on\_eyes – індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_Eyes, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER
3. Point\_for\_diagnosti\_on\_mouth - індикаційний номер з таблиці Area\_for\_Diagnostics\_mouth, що вказує на емоцію. Тип даних INTEGER

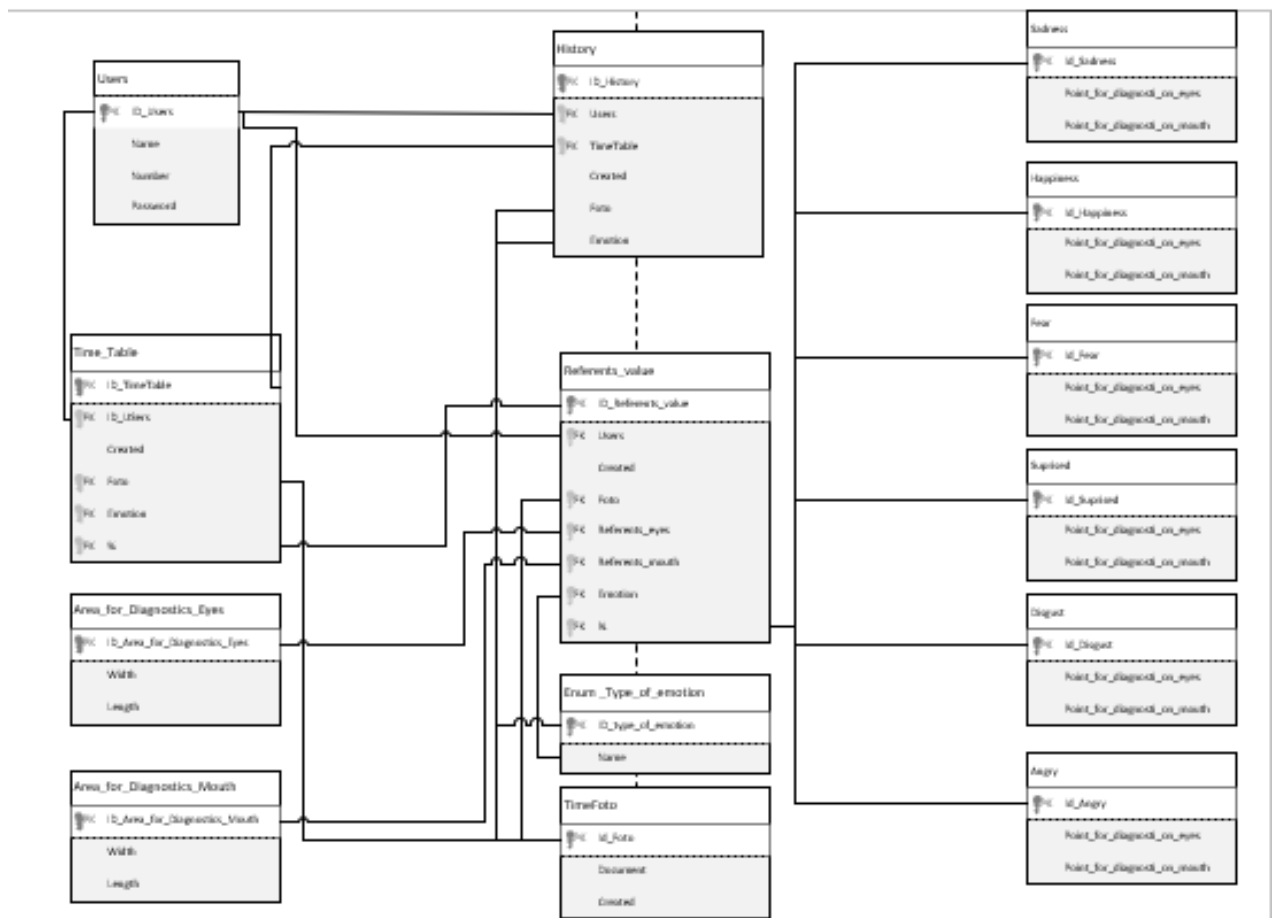


Рисунок 3.1.2. Інфологічна модель бази даних системи визначення емоцій

## **4. РЕАЛІЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕМОЦІЙ У ПРОТОТИПІ**

Приведу наочний приклад, як може виглядати система підтримки прийняття рішень при визначенні емоцій. Було розроблено прототип на основі figma – програма для розробки інтерфейсу та прототипування.

Для легкого сприймання було підібрано кольорову гамму, що не перезбуджує нервову систему людей з РАС та вибрано назву системи "AUTUM".

Нижче наведені зображення прототипу:

Перший рисунок 4.1 Вікно для входу у додаток. На цьому екрані зображено вхід до системи "AUTUM", який здійснюється за допомогою введення логіну (номер телефону) та паролю. Також, нижче можна помітити кнопку реєстрації, яка переносить нас на іншу сторінку для нових користувачів.

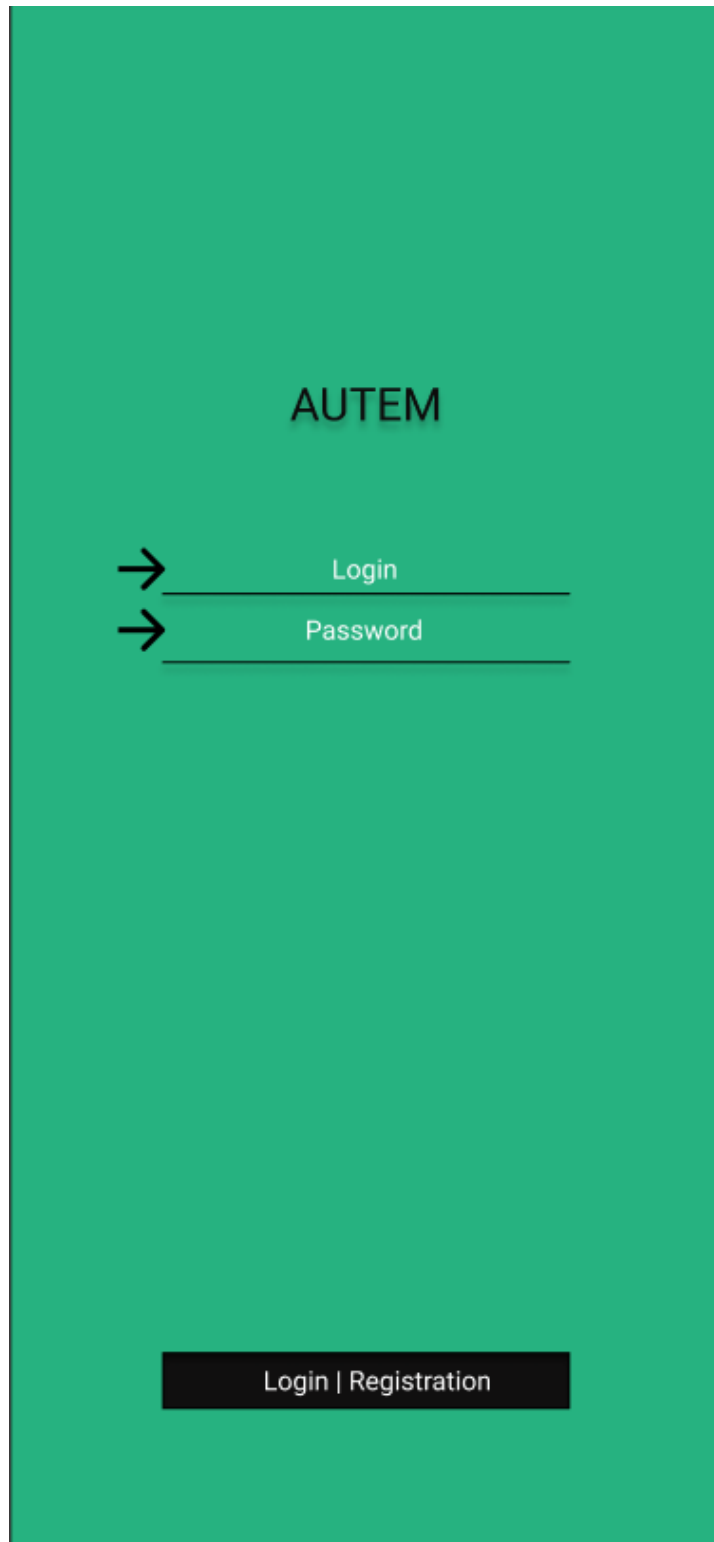


Рисунок 4.1. Вікно для входу у додаток

Registration

Name

Login

Password

Expert with higher education

Choose your profession ↓

Registration

Рисунок 4.2. Вікно реєстрації у додатку

На другому рисунку 4.2 зображено реєстраційне вікно. Воно має такі поля для вводу даних: ім'я, логін, пароль. Чек-бокс для позначення людей з профільною направленістю та вибір самого профілю. Сторінка також має кнопку реєстрації.

AUTEM

Питання 1 із 50

МЕНІ ВАЖКО ПРИЙМАТИ РІШЕННЯ ЧИ  
ДІЯТИ БЕЗ ВКАЗІВОК ІНШИХ

Не згоден  Згоден

Далі

Рисунок 4.3. Вікно теста на аутистичні розлади у додатку

Одразу після реєстрації новий користувач потрапляє на проходження тесту для виявлення аутистичного розладу у нового користувача.

Спочатку показано поточний номер запитання. Потім саме запитання. Після йде градація від не згоден повністю до повністю згоден. Щоб перейти на наступну сторінку треба натиснути кнопку «Далі».

The image shows a green rectangular window with white text. At the top, it says "АУТЕМ". Below that, "ПИТАННЯ 45 із 50". The question is "Я рідко про що піклуюся". Below the question is a horizontal bar with three segments: red on the left, orange in the middle, and yellow on the right. Under the red segment is the text "НЕ ЗГОДЕН" and under the yellow segment is "ЗГОДЕН". At the bottom of the window, there are two buttons: "Назад" on the left and "Далі" on the right.

Рисунок 4.4. Вікно теста на аутистичні розлади у додатку (2)



При проходженні тесту є можливість перевідповісти, натиснувши кнопку «назад». Щоб перейти на наступну сторінку треба натиснути на кнопку «Далі».

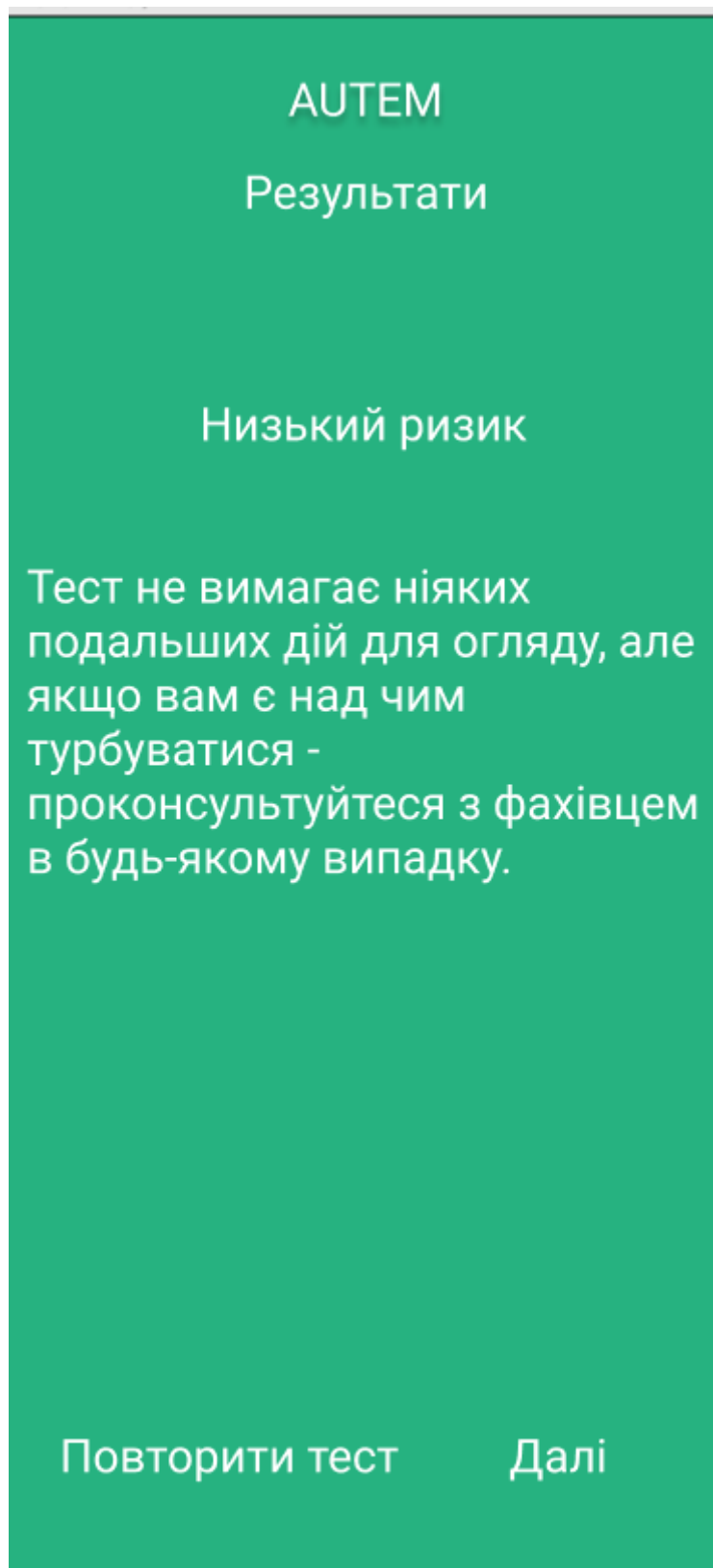


Рисунок 4.5. Вікно результатів теста на аутистичні розлади у додатку

Після проходження тесту висвітлюється результат. Він буде коригувати ваги у перцепроні при позначенню емоцій далі. Також є можливість перепройти натиснувши кнопку «Повторити тест». Щоб перейти на наступну сторінку треба натиснути на кнопку «Далі».

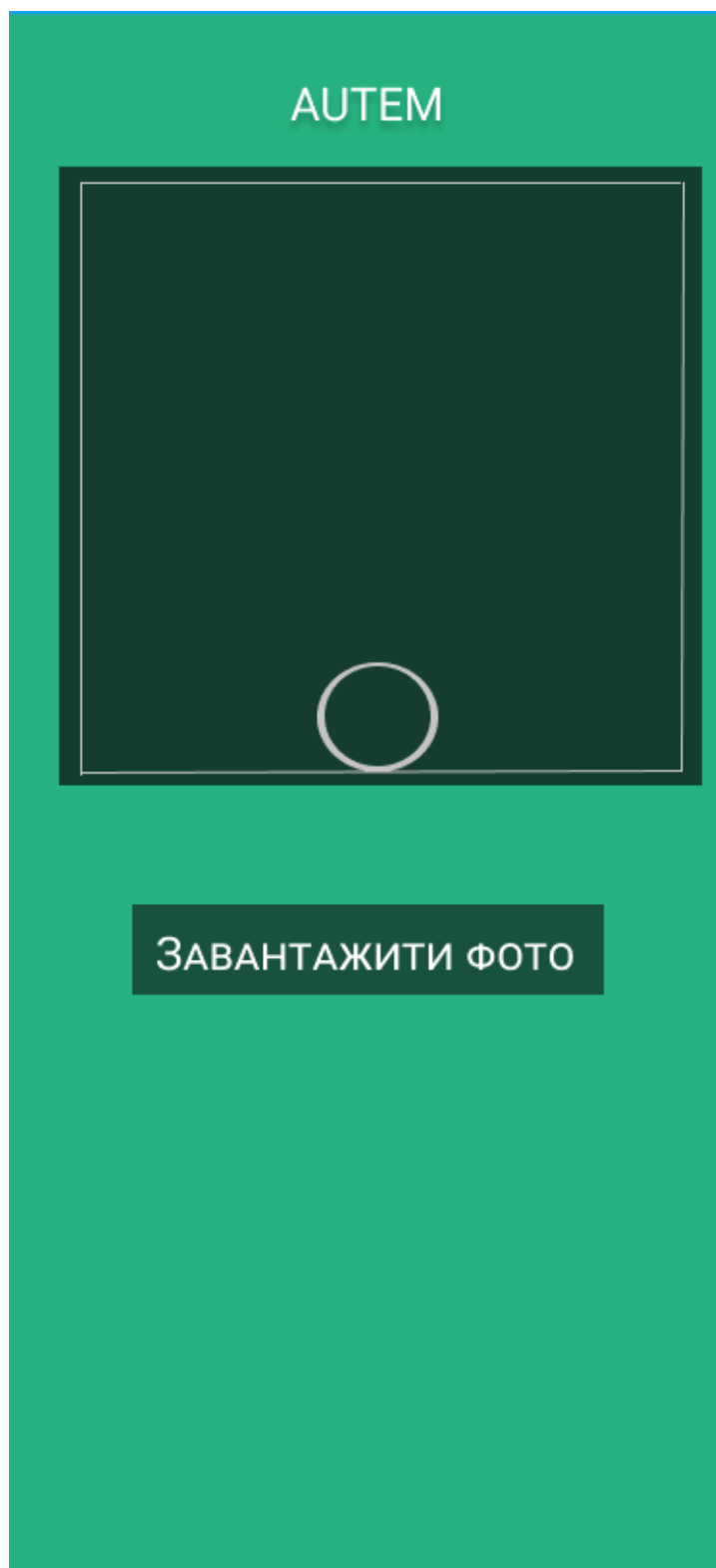


Рисунок 4.6. Вікно завантаження фото

На рисунку зображено два варіанти завантаження фото. Перший – це зробити фотографію через камеру. Другий завантажити із галереї на телефоні

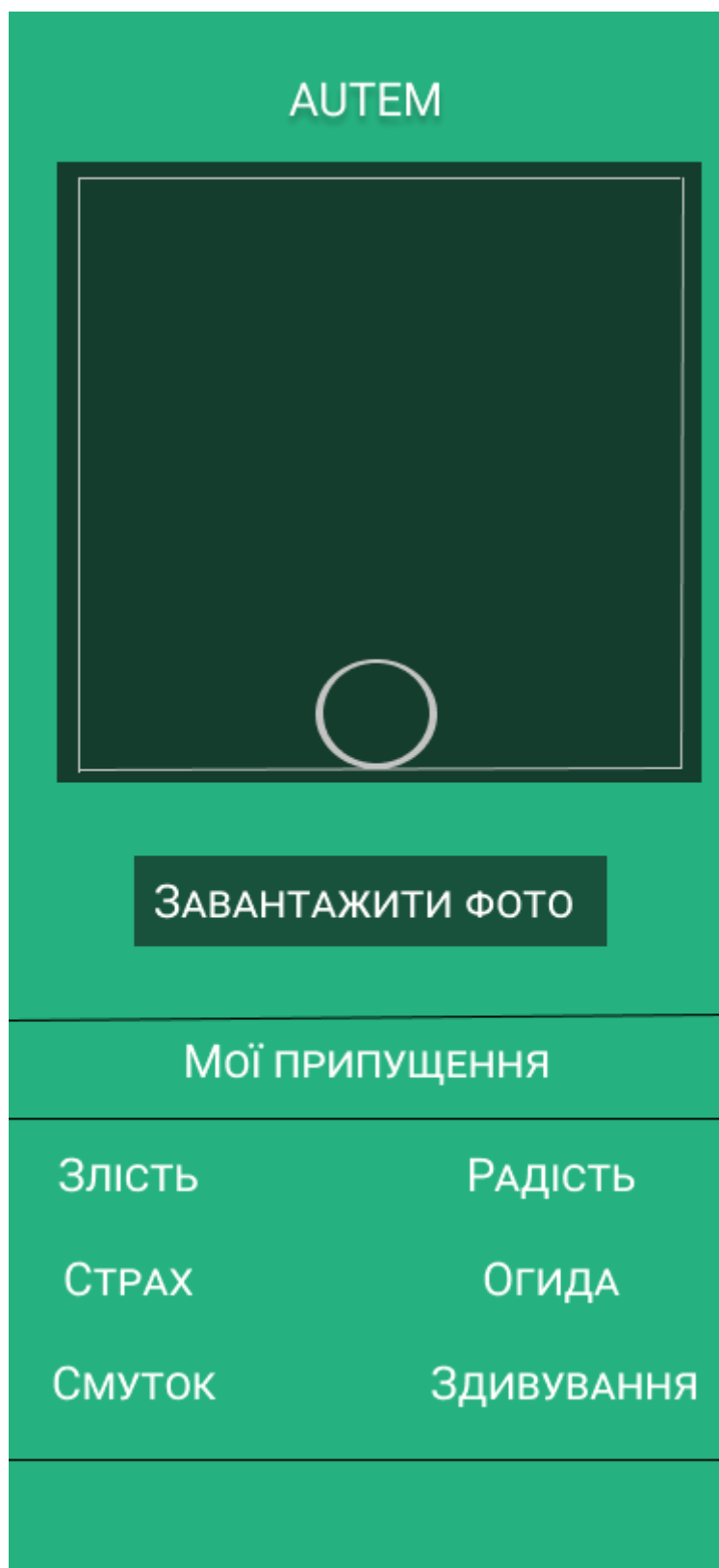


Рисунок 4.7. Вікно після фотографування через камеру у додатку

На рисунку зображено перший варіант, коли фото робиться через камеру у додатку, далі висвітлюється варіанти емоцій для вибору.



Рисунок 4.8. Вікно зберігання фото

На рисунку зображено варіант два коли фото було завантаженою про що свідчить верхнє повідомлення. Далі можна проставити своє припущення, щодо висвітленої емоції та зберегти вілповідь.



Рисунок 4.9. Вікно визначеної емоції

На рисунку зображено приклад, як виглядатиме результат визначеної емоції. А саме фото, з виділенням зони обличчя та відсоткове значення емоцій.

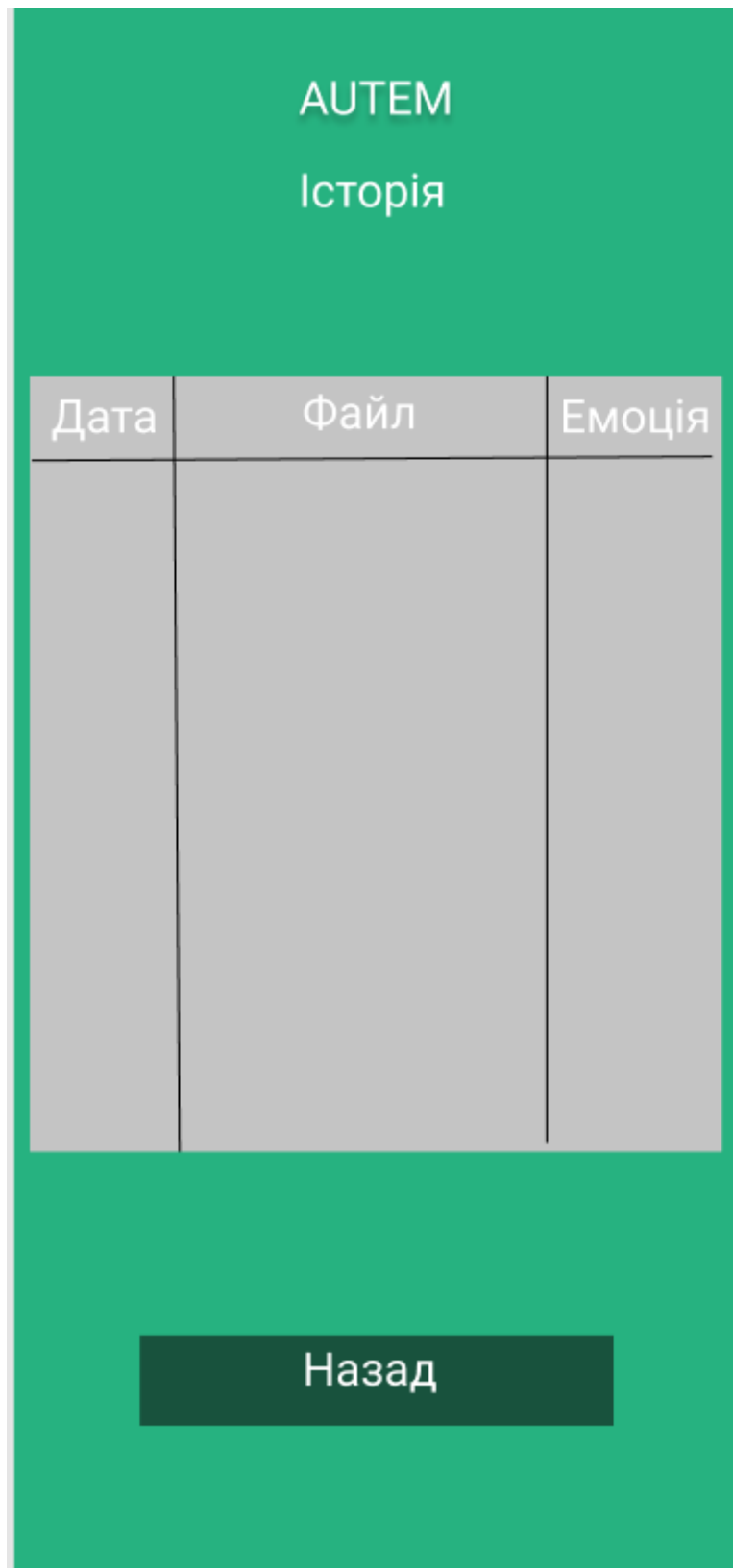


Рисунок 4.10. Вікно історії

На рисунку зображено вікно з історією завантажень фотографії та їх результатів.

## ВИСНОВОК

Було проведено аналіз сфер використання та існуючі реалізовані технологічні засоби у темі «Система підтримки прийняття рішень в процесі визначення емоцій для людей з розладами аутистичного спектру». Розглянуто проблеми людей з розладами аутистичного спектру та на основі цього побудовано мету роботи:

Метою цієї бакалаврської роботи є розробка СППР при визначенні емоцій для індивідуального використання людьми аутистичного спектру.

На основі професійних навичок та вмінь було визначено об'єкт та предмет дослідження.

Об'єктом дослідження є сукупність методів та процедур, що застосовуються при використанні визначення емоцій.

Предметом дослідження – є математичні моделі та графіки, алгоритми обробки інформації у процесі визначення емоцій.

Було виявлено, що на даний момент не існує для широкого використання технології та застосунків у повсякденному житті.

Тому для подальшої розробки СППР було розглянуто різні базові моделі та вирішено дотримуватися класичної Єкмановської моделі із шести базових емоцій.

Далі описано різні підходи до визначення емоцій та вибрано варіант автоматичного розпізнавання емоцій, як найбільш вдалого для реалізації мети роботи.

Далі розроблено систему підтримки прийняття рішення використовуючи нотації IDFO та BPMN.

І на основі виконаної роботи зроблено прототип інтерфейсу для СППР.