

МЕТОД АНАЛІЗУ ОКЛЮЗІЇ ЗУБІВ ЛЮДИНИ

Висоцька О. В., д.т.н., проф., e-mail: o.vysotska@khai.edu

Трунова А. І., к.т.н., доц., e-mail: a.pecherska@khai.edu

Фомін Є. С., магістрант, e-mail: y.s.fomin@student.khai.edu

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Актуальність дослідження. Прикус – це змикання зубних рядів при звичному статичному положенні нижньої щелепи. При нормальному прикусі (оклюзії) звичне положення нижньої щелепи збігається з центральним положенням (центральної оклюзією). При аномаліях оклюзії центральне положення нижньої щелепи та її звичне положення не збігаються [1].

Методи аналізу оклюзії зубів людини (тобто змикання зубів верхньої та нижньої щелепи) виконують важливу роль у стоматології, ролі ортодонтії та ортопедії, намагаються допомогти діагностувати та лікувати порушення оклюзії. Проте кожен метод має свої недоліки, такі як суб'єктивність, недостатня точність, необ'єктивність у визначенні виду аномалії оклюзії.

Використання комп'ютерного аналізу оклюзійних контактів набуло широкого застосування стоматології. Комп'ютерні системи забезпечують точні дані про силу та тривалість контакту кожного зуба під час змикання щелеп, що зменшує можливість суб'єктивної оцінки, характерної для традиційних методів. Однак до недоліків можна віднести обмежену деталізацію: знімки не завжди дають точне уявлення про дрібні зміщення та нахили зубів.

Мета досліджень. Метою роботи є розробка метода аналізу оклюзії зубів людини на основі аналізу сукупностей антропометричних точок обличчя, нейромережевого та ймовірного моделювання, що дозволить підвищити точність розпізнавання аномалій оклюзії та визначення наявності деформації щелепи.

Основні матеріали досліджень.

Метод аналізу оклюзії зубів людини полягає в послідовному вирішенні ряду задач:

- 1) визначення розміру та орієнтації обличчя на фотографії;
- 2) аналіз сукупностей антропометричних точок обличчя;
- 3) нейромережеве розпізнавання аномалій оклюзії;
- 4) визначення наявності деформації щелепи шляхом ймовірного моделювання.

Визначення розміру та орієнтації обличчя на фотографії ґрунтується на визначенні координат ключових точок обличчя. Для отримання координат вікон для пошуку носа та рота застосовують метод інтегральних проєкцій. З вхідного зображення обличчя отримують дві інтегральні проєкції – горизонтальну та вертикальну. Далі відбувається розпізнавання аномалій оклюзії за допомогою нейронних мереж (іноді їх також називають автоасоціативною пам'яттю), яке полягає в тому, щоб у відповідь на деяку вхідну сукупність даних, звану «ключем», видати на вихід найбільш близьку до вхідної за значеннями сукупність такої ж розмірності, з тих, що зберігаються в мережі. У разі розпізнавання обличчя ключем є зображення обличчя людини. Нейроном називається осередок мережі, який є найпростішим елементом пам'яті. Порядок роботи нейронних мереж наступний:

1-й крок – зображення оцифровується та кодується у вигляді вектора;

2-й крок – кожна координата вектора розташовується в окремому осередку, пов'язаному з усіма іншими осередками (навчання або налаштування системи відбувається шляхом зміни ваги зв'язків між осередками);

3-й крок – зображення обличчя фільтруються через нейромережу, при цьому вхідне зображення трансформується в найближче запам'ятоване, яке і подається на вихід.

Лінійна автоасоціативна пам'ять є одним шаром нейронної мережі. Кожен нейрон цього шару асоціюється з одним компонентом, що вийшов з розкладання зображення вектора. Таким

чином, при розмірі зображення $w \times h$ пікселів кожен шар даної мережі буде містити $w \times h$ нейронів. Крім того, кожен нейрон пов'язаний з усіма іншими і лінійна асоціативна пам'ять будується при обчисленні ($w \times h$) ваг зв'язків цієї нейронної мережі. Дані ваги визначаються етапі навчання, у якому кілька навчальних зображень, представлених лінійно автоасоціативній пам'яті, запам'ятовуються у ній.

Пошук найближчого до зображення, що перевіряється, може проводитися в два етапи:

- з бази вибирається задана кількість найближчих за ключем зображень;
- проводиться безпосередня перевірка відстаней між характерними точками вибраних зображень, хоча якщо вони беруть участь у формуванні ключа, то за умови унікальності отримання ключа повторна перевірка необов'язкова і на цьому етапі перевіряються інші параметри або використовується порівняння з еталоном.

Визначення близькості образу до біометричного еталону відбувається з використанням міри Хеммінга. Для «Свого», тобто для класу, що відповідає типу аномалії оклюзії пацієнта, вектор Хеммінга повинен складатися практично з одних нулів. Для «Чужого», тобто, класу, який не відповідає аномалії оклюзії пацієнта, цей вектор матиме багато розбіжностей (багато одиниць). Відстань Хеммінга завжди нейтральна і може змінюватися від 0 до k (де k - число контрольованих оклюзійних параметрів).

Нейронні мережі (лінійні і нелінійні) дозволяють проводити пошук спільного рішення через об'єднання безлічі приватних рішень, отриманих за групами біометричних даних [2]. Основною проблемою застосування штучних нейронних мереж є їх навчання або проблема пошуку значень ваг нейронів і коефіцієнтів зміщення. Під навчанням нейронної мережі біометричної системи будемо розуміти процес пред'явлення їй прикладів групи біометричних образів «Свій» і «Чужий», а також підбір ваг нейронів з тим, щоб мережа могла із заданою вірогідністю помилок розділяти ці дві групи біометричних образів.

На наступному етапі для визначення наявності деформації щелепи застосовують ймовірнісне моделювання. В імовірнісних моделях обов'язково використовується навчальний набір, в якому формуються два класи з усіх варіантів уявлення об'єктів: внутрішньооб'єктної та зовнішньої мінливості, тобто відбираються ознаки, якими всі портрети діляться на два класи: деформація щелепи даної людини і всі інші деформації.

Функції щільності ймовірності для кожного класу оцінюються за допомогою навчальної множини і згодом використовуються для обчислення міри схожості, яка ґрунтується на отриманих дослідним шляхом ймовірностях. Крім того, для отримання більш точних результатів іноді використовується ймовірнісна модель деякого фізичного процесу, за допомогою якої і формується остаточна міра схожості двох зображень.

Висновок. Таким чином, розроблений метод, заснований на виділенні із зображення обличчя людини антропометричних точок та аналізі їх взаємного розташування, забезпечує достатню точність при невисокій обчислювальній вартості та складності алгоритму. Однак при його використанні для аналізу оклюзії зубів людини в базах зображень доцільно перетворювати систему параметрів в інтегральну ознаку, яка обчислюватиметься лише один раз для кожного зображення на момент розміщення зображення в базу даних. Ця величина буде ключем для пошуку зображення у базі. Таким чином, не обов'язково вираховувати всі параметри кожної фотографії в момент порівняння, тобто, час, що витрачається на розпізнавання зображення, можна зменшити з допомогою попередньої підготовки ключа на момент поповнення бази даних черговим зображенням.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дослідження оклюзії: ключові аспекти та види в стоматології. URL: <https://vdsstomat.com.ua/doslidzhennya-oklyuzii-klyuchovi-aspekti-ta-vidi-v-stomatologii/>
2. Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с.