

УДК 004.94

## МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОРЕКЦІЇ ЛЕКАЛ РУКАВИЧОК НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ ДАНИХ ПРИМІРОК

Дроменко В.І., аспірант

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Дроменко В.Б., кандидат технічних наук, доцент

*Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського*

Чупринка В.І., доктор технічних наук, професор

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Ключові слова:* корекція лекал, рукавички, нейронні мережі, машинне навчання, цифрове моделювання.

Традиційний підхід до корекції лекал рукавичок базується на ручному вимірюванні та експертній оцінці якості посадки, що не забезпечує достатньої точності у відтворенні локальних деформацій і ускладнює формалізацію процесу внесення змін до геометрії виробу[1]. Відсутність чітко визначеної математичної моделі, яка б дозволяла прогнозувати параметри корекції на основі результатів примірок, призводить до накопичення похибок, збільшення кількості ітерацій виготовлення та обмежує можливості автоматизації цього процесу[2]. В умовах розвитку цифрового виробництва та персоналізованого дизайну особливо актуальною є розробка інтелектуальних систем, здатних аналізувати візуальні дані примірок і точно визначати локальні геометричні відхилення, що потребують коригування лекала[3].

Метою даного дослідження є створення математичної моделі та програмної реалізації інтелектуальної системи, яка, спираючись на дані примірок, автоматично оцінює якість посадки рукавички та прогнозує локальні параметри деформацій, необхідні для корекції лекала. Це має забезпечити підвищення точності конструктивного проектування та створити передумови для подальшої автоматизації процесів цифрового моделювання.

Запропонована модель базується на припущенні, що форма лекала рукавички може бути представлена у вигляді параметризованого контуру, а відхилення посадки – як локальні деформації цього контуру[1]. Вважається, що кожна примірка містить інформацію про відповідність реальної форми виробу геометрії руки, яку можна подати у вигляді вектору ознак. У межах дослідження ці ознаки задаються компактним параметричним описом через нормалізовані координати  $(c_x, c_y, w, h)$ , що відображають приблизне положення та розміри локальної ділянки лекала, яка потребує корекції.

Таким чином, задача машинного навчання формулюється як комбінована: з одного боку – класифікація стану («рука в рукавичці» або «без рукавички»), а з іншого – регресійне передбачення параметрів локального деформаційного вікна. У результаті формується гібридна

модель  $f_{\theta}$ , яка для кожного вхідного зображення  $I$  генерує два типи вихідних даних: класифікаційне рішення щодо належності до класу та вектор параметрів, необхідних для корекції, тобто

$$f_{\theta}(I) = (\hat{y}, \hat{b}), \hat{b} = (\hat{c}_x, \hat{c}_y, \hat{w}, \hat{h}). \quad (1)$$

Класифікаційна складова моделі навчається шляхом мінімізації функції кросентропійних втрат

$$L_{\text{cls}} = -\sum_{i=1}^N y_i \log \hat{p}_i, \quad (2)$$

яка відображає здатність моделі правильно розрізняти два стани: наявність рукавички на руці та її відсутність. Регресійна частина моделі формулюється як задача відтворення параметрів локальної геометрії з використанням середньоквадратичної похибки :

$$L_{\text{reg}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|b_i - \hat{b}_i\|^2, \quad (3)$$

де  $b_i$  – істинні значення параметрів локального сегмента контуру, отримані на основі еталонної розмітки. Загальна функція втрат, яка мінімізується під час навчання моделі, має вигляд

$$L(\theta) = L_{\text{cls}} + \lambda L_{\text{reg}}, \quad (4)$$

де коефіцієнт  $\lambda$  визначає баланс між точністю прогнозування параметрів корекції та якістю класифікації. Такий підхід до формування функції втрат дозволяє одночасно оптимізувати два взаємопов'язані аспекти: визначення загального стану посадки та оцінювання локальних геометричних відхилень.

Наукова новизна запропонованої моделі полягає у поєднанні геометрично орієнтованого опису локальної ділянки лекала, що потребує корекції, з нейромережним підходом, здатним прогнозувати відповідні параметри на основі накопичених даних примірок. На відміну від традиційних методів, які передбачають ручне коригування або використання узагальнених емпіричних правил, запропонована модель здійснює локалізоване прогнозування змін на рівні параметрів деформації контуру. Такий підхід забезпечує індивідуалізовану адаптацію лекала з урахуванням анатомічних особливостей конкретної руки, дозволяє виявляти навіть незначні локальні невідповідності посадки та системно накопичувати інформацію з попередніх примірок у вигляді навчальних даних. Важливою перевагою моделі є її здатність формувати кількісно інтерпретовані геометричні прогнози, які можуть безпосередньо використовуватись як числові параметри для внесення змін у конструкцію лекала. Отже, запропонована система переводить процес корекції з інтуїтивно-евристичного рівня у формалізовану задачу машинного прогнозування, що становить принципово новий підхід до цифрового проектування виробів у сфері індустрії моди.

На рис. 1 наведено структурну схему запропонованої математичної моделі, яка поєднує попередню обробку даних, згорткову нейромережу GloveNet та два вихідних модулі – класифікаційний і регресійний, що

спільно забезпечують прогнозування стану посадки та локальних геометричних корекцій лекала на основі вхідних зображень примірок.



Рисунок 1 – Архітектура запропонованої моделі інтелектуальної системи корекції лекала рукавичок

Ключовим компонентом програмної реалізації виступає згорткова нейромережа GloveNet, яка одночасно розв'язує два взаємопов'язані завдання: визначення стану посадки («рука в рукавичці» або «без рукавички») та прогнозування параметрів локальних деформацій. Архітектура мережі включає три послідовні згорткові блоки, які забезпечують багаторівневе вилучення ознак. Отримані згорткові представлення далі перетворюються у вектор прихованих характеристик, на основі якого формуються два окремі вихідні шари – класифікаційний і регресійний.

Така побудова відповідає концепції математичної моделі, що передбачає одночасний аналіз загального стану посадки та локальних змін геометрії контуру. Навчання моделі здійснюється через мінімізацію комбінованої функції втрат, яка поєднує кросентропійну помилку для задачі класифікації та середньоквадратичну помилку для регресійного прогнозування параметрів  $(c_x, c_y, w, h)$ . Це дозволяє досягти збалансованої оптимізації обох складових моделі та підкреслює її інтегрований характер як системи прогнозування локальної геометрії лекала.

#### Список використаних джерел

1. Rincón-Becerra O., García-Acosta G. Estimation of anthropometric hand measurements using the ratio scaling method for the design of sewing gloves. *Dyna*. 2020. Vol. 87, № 215. P. 146–155. DOI: <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n215.87984>
2. Seo S. W., Jung W. S., Kim Y. 3D hand motion generation for VR interactions using a haptic data glove. *Multimodal Technologies and Interaction*. 2024. Vol. 8, № 7. Article 62. DOI: <https://doi.org/10.3390/mti8070062>
3. Guru R., Sood S., Kumar R. Applications of CAD/CAM Software in Fashion and Apparel Designing. *Asian Textile Journal*. – 2020. URL: [https://www.researchgate.net/publication/366353013\\_Applications\\_of\\_CAD\\_CAM\\_Software%27s\\_in\\_Fashion\\_and\\_Apparel\\_Designing](https://www.researchgate.net/publication/366353013_Applications_of_CAD_CAM_Software%27s_in_Fashion_and_Apparel_Designing)