

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мистецтв і моди

Кафедра моди та стилю

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

**Дослідження методу автоматизованого проектування промислових
колекцій з урахуванням принципів кастомізації**

Спеціальність 182 Технології легкої промисловості

Освітня програма Конструювання та технології швейних виробів

Виконав: студент групи МгШ–22

Леонід ГАВРИШ

Науковий керівник к.т.н., доц. Арсеній АРАБУЛІ

Рецензент _____

Київ 2023

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мистецтв і моди

Кафедра моди та стилю

Спеціальність 182 Технології легкої промисловості

Освітня програма Конструювання та технології швейних виробів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МС

Тетяна СТРУМІНСЬКА

(підпис)

«01» серпня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ГАВРИШУ Леоніду Тарасовичу

1. Тема роботи: Дослідження методу автоматизованого проектування промислових колекцій з урахуванням принципів кастомізації

Науковий керівник роботи Арабулі Арсеній Торелевич, к.т.н., доц.

затверджені наказом закладу вищої освіти від 12.09.2023 р. № 210-уч

2. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Автоматизація проектування промислових колекцій, використання штучного інтелекту для прогнозування модних тенденцій, новітні системи проектування швейних виробів.

3. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно опрацювати):

Вступ, Розділ 1 Сучасний стан проблеми автоматизованого проектування швейних виробів в умовах масової кастомізації, Розділ 2 Дослідження методу отримання цифрового образу фігури Розділ 3 Дослідження методу автоматизації проектування асортиментних промислових колекцій, Загальні висновки, Список використаних джерел, Презентація.

4. Дата видачі завдання 01 серпня 2023 року

5. Дата видачі завдання 1 серпня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	серпень 2023 р.	
2	Розділ 1 Сучасний стан проблеми автоматизованого проектування швейних виробів в умовах масової кастомізації	серпень-вересень 2023 р.	
3	Розділ 2 Дослідження методу отримання цифрового образу фігури	вересень-жовтень 2023 р.	
4	Розділ 3 Дослідження методу автоматизації проектування асортиментних промислових колекцій	жовтень 2023 р.	
6	Загальні висновки	листопад 2023 р.	
7	Оформлення (чистовий варіант)	листопад 2023 р.	
8	Подача кваліфікаційної роботи науковому керівнику для відгуків	листопад 2023 р.	
9	Подача кваліфікаційної роботи для рецензування (за 14 днів до захисту)	листопад 2023 р.	
10	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату та текстових співпадінь (за 10 днів до захисту)	листопад 2023 р.	
11	Подання кваліфікаційної роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	листопад 2023 р.	

З завданням ознайомлений:

Студент

_____ Леонід ГАВРИШ

Науковий керівник роботи

_____ Арсеній АРАБУЛІ

АНОТАЦІЯ

Гавриш Леонід Тарасович

182 «Технології легкої промисловості»

Київський національний університет технологій та дизайну

Київ 2023

Кваліфікаційну роботу присвячено дослідженню методів автоматизованого проектування промислових колекцій одягу, з акцентом на кастомізацію та використання сучасних технологій. В роботі розглядається вплив цифрових технологій на модну індустрію та споживчу поведінку, з особливим фокусом на масову кастомізацію виробництва одягу.

Аналізуються різні технологічні інновації, такі як система "Mobile Tailor" для створення цифрових моделей фігури, та їх застосування у проектуванні одягу. Особлива увага приділена використанню нейронних мереж для прогнозування модних тенденцій та розробці методів автоматизованого проектування асортиментних промислових колекцій.

Результати дослідження вказують на значний потенціал автоматизації у сфері моди, що дозволяє підвищити ефективність проектування та виробництва одягу, а також надає можливості для персоналізації продукції відповідно до індивідуальних потреб споживачів.

Ключові слова: автоматизоване проектування, промислові колекції одягу, кастомізація, цифрова модель фігури, нейронні мережі, індустрія моди.

ABSTRACT

Havrysh Leonid Tarasovych

182 "Light industry technologies"

Kyiv National University of Technologies and Design

Kyiv 2023

This master's degree is dedicated to the study of methods for automated design of industrial clothing collections, with a focus on customization and the use of modern technologies. The work examines the impact of digital technologies on the fashion industry and consumer behavior, with a particular focus on mass customization in clothing production.

Various technological innovations, such as the "Mobile Tailor" system for creating digital models of the figure, and their application in clothing design are analyzed. Special attention is given to the use of neural networks for predicting fashion trends and developing methods for the automated design of assorted industrial collections.

The results of the study indicate a significant potential for automation in the field of fashion, which allows for increased efficiency in design and production of clothing, as well as providing opportunities for personalization of products according to individual consumer needs.

Keywords: automated design, industrial clothing collections, customization, digital technologies, neural networks, fashion industry.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ В УМОВАХ МАСОВОЇ КАСТОМІЗАЦІЇ

1.1 Масова кастомізація як перспективний напрямок у розвитку промислового виробництва

1.2 Новий підхід до процесу проектування одягу на основі врахування впливу масової кастомізації на виробничий процес і життєвий цикл швейних виробів

1.3 Аналіз способів застосування нейронних мереж для прогнозування модних тенденцій та оптимізації процесів проектування швейних виробів

1.4 Аналіз наявних способів реальної та віртуальної взаємодії споживачів і виробників одягу

Висновки до розділу 1

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЦИФРОВОГО ОБРАЗУ ФІГУРИ

2.1 Інформаційна структура методу отримання цифрового образу фігури через систему “Mobile Tailor” компанії “3DLOOK”

2.3 Перевірка якісних властивостей технології компанії 3DLOOK для створення тривимірної моделі тіла

Висновки до розділу 2

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ АСОРТИМЕНТНИХ ПРОМИСЛОВИХ КОЛЕКЦІЙ

3.1 База даних модельних особливостей чоловічого одягу для навчання нейронної мережі

3.2 Метод виділення модних конструктивно-декоративних елементів і зовнішньої форми чоловічого костюма на основі навчання нейронної мережі

3.3 Дослідження алгоритму автоматизованого агрегування структурних і візуальних елементів швейних виробів для отримання нових моделей одягу

3.4 Критерії автоматизованого відбору бажаних моделей швейних виробів

Висновки до розділу 3

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Актуальність роботи. Широке впровадження цифрових технологій в повсякденне життя призвело до зміни споживчої поведінки. Завдяки доступності інформації про модні тенденції та розвитку швидкої моди (fast fashion), сучасні споживачі приділяють велику увагу створенню власного індивідуального стилю, висувають високі вимоги до якості та посадки одягу по фігурі та намагаються додати риси індивідуальності в типові швейні вироби.

Участь споживача у створенні кастомізованого одягу найчастіше полягає у виборі кольорового рішення, принту, форми, розмірів та розташування конструктивно-декоративних елементів. На зміну епосі масового виробництва типових швейних виробів прийшла епоха “масової кастомізації”. Під “масовою кастомізацією” (mass customization of garments) розуміється виготовлення продукції в промислових умовах з можливістю її адаптації або модифікації відповідно до вимог споживачів, тобто сукупність підходів масового виробництва одягу та індивідуального пошиття виробів.

Зростаючі потреби споживача змушують виробників збільшувати кількість та різноманітність асортименту швейних виробів. Для підприємства стає актуальним розширити модельний ряд, але при цьому знизити витрати часу на проектування нових моделей та конструкторську підготовку виробництва. Одночасно з цим проводяться роботи з інтелектуалізації роботи дизайнера при створенні нових моделей одягу. Широко відомі підходи до використання штучного інтелекту для визначення та розробки модних тенденцій на основі аналізу існуючих колекцій (Trendmind) і створення нових ескізів на основі наявних зображень окремих елементів одягу (3D couture).

Отже, існують передумови для створення системи, в якій формування зовнішнього вигляду виробу буде здійснювати споживач, а робота дизайнера та конструктора буде автоматизована за допомогою застосування інтелектуальних технологій на етапі вибору модних форм та складанні великої кількості варіантів зовнішнього вигляду майбутніх виробів у промисловій колекції.

Рівень наукової уваги до проблеми. Багато зарубіжних авторів вважають масову кастомізацію одним із найбільш перспективних напрямів для просування та розвитку бренду в сфері моди [37]. Можливість розробки кастомізованого одягу розглядається в численних дослідженнях американського університету Айови (Kim H., Damhorst M.L.), Егейського університету (Mrapra M.L. та ін.), Каліфорнійського університету Лонг-Біч та Обернського університету штату Алабама (Aghekyan M. та ін.), Університету Мінесоти (Sohn M. та ін.), Сеульського та Корнельського університетів (Song H.K., Ashdown S.P. та ін.). Процес кастомізації є одним із ключових трендів останніх років, за даними авторитетного соціологічного та дослідницького центру BoF-McKinsey Global Fashion. Згідно з дослідженнями MIT Smart Customization Group, лише в США до 2020 року відсоток персоналізованого швейного виробництва і взуття склав 15%, що становить близько 38 мільярдів доларів щорічно, що свідчить про зростаючий інтерес до кастомізованих товарів.

Вчені досліджують шляхи розвитку масової кастомізації. Наприклад, дослідники Yan, Y., Gupta, S., Schoefer, K. [67] описують персоналізовані настройки взаємодії між виробником і покупцем у вигляді двох типологій. Перший ґрунтується на рівні участі користувача в колективному проектуванні: співпраця, що дозволяє клієнту участь на ранній стадії проектування, та приймання, що направляє користувачів на етап після проектування і надає можливість змінювати товар сегментовано [41,60,64].

Багато вчених в галузі легкої промисловості покладаються на розвиток систем 3D-сканування фігури, САПР та мобільних додатків. У цьому випадку можливе взаємодія через інтелектуальне хмарне сховище та створення замовлення EMTM (electronic made to measure/електронний, виготовлений на замовлення) [69], при цьому споживач надає виробнику початкову інформацію про свою фігуру (сканування, фото, розмірні характеристики) і отримує відповідь у вигляді візуалізованого зразка моделі на своєму аватарі. Використання такої системи збільшує ефективність виробництва на 50%, задоволеність продукцією підвищується до 99%, а кількість персоналу, зайнятого в процесах проектування

та підготовки виробництва, зменшується на 10%. Інтеграція 3D-сканування з САПР активно розвивається в швейній та взуттєвій промисловості, оскільки вона дозволяє віртуальний дизайн та примірku виробів [11,14,15,17,23,27]. За допомогою таких систем можливе врахування індивідуальних розмірних характеристик фігур, персоналізоване моделювання та конструювання виробів з подальшим виготовленням [21].

Ще одним перспективним напрямком у масовій кастомізації є процес модульного проектування виробів та його вплив на бізнес-процеси організації та її загальну результативність [12,16,51,54,62]. Модульний дизайн розглядається більшістю авторів як метод проектування, який можна використовувати для створення складних оригінальних моделей одягу з використанням стандартних елементів. Крім того, модульна конструкція (уніфікація деталей) розглядається як спроба досягти переваг стандартизації (великий обсяг, зазвичай, означає низькі виробничі витрати), а також переваги персональної настройки [55]. У контексті масової кастомізації одягу модульність дозволяє підприємствам впоратися зі змінюючимися вимогами клієнтів та зростаючою технічною складністю. З посиланням на модульність процесу кастомізації, Modraka V. і Soltysova Z. досліджували взаємозв'язок між модульністю товару та модульністю процесу [52]. Fogliatto F. S., Silveira, G. D. і Borenstein D. ідентифікували шість факторів успіху масової кастомізації, включаючи попит клієнтів, ринки, ланцюжок створення вартості, технології, настроювану пропозицію та знання[23]. Загалом, за думкою авторів, модульність і стандартизація елементів виробів у стратегії взаємодії з клієнтами розглядаються як ключові фактори успіху.

Широкі впровадження цифрових методів демонстрації готового одягу на онлайн-платформах, тривимірна візуалізація одягу на аватарах та фігурах споживачів призвело до стрімкого розвитку методів онлайн-торгівлі. При цьому такі методи продажу є обтяжливими для виробників та продавців, оскільки існує проблема великої кількості повернень не підійшовшого одягу. Потрібно розробити більш ефективні методи взаємодії споживачів, продавців та виробників, таким чином, щоб очікування споживачів втілювалися за допомогою

стратегії масової кастомізації, шляхом розробки способів отримання точної інформації про антропометричні характеристики тіла людини та розробки алгоритму проектування та виготовлення персоніфікованого костюма в виробничих умовах. Проведений огляд сучасних вітчизняних та зарубіжних досліджень свідчить про актуальність розробки методу автоматизованого проектування асортиментних промислових колекцій з урахуванням принципів масової кастомізації. Застосування такого методу в промисловості забезпечить автоматизацію взаємодії з споживачами, накопичення інформації про них та їхні вподобання при виборі модельних особливостей одягу, що дозволить сформулювати план випуску виробів, склад промислових колекцій та забезпечить підвищення рівня продажів готової продукції та задоволеність споживачів.

Мета дослідження полягає в розробці шляху до створення методу автоматизованого проектування промислових колекцій з урахуванням принципів масової кастомізації, який забезпечує розширення модельного ряду і зниження часових витрат на проектування нових моделей та конструкторську підготовку виробництва.

Об'єкт дослідження. Автоматизація проектування промислових колекцій з урахуванням принципів кастомізації.

Предмет дослідження. Процес автоматизації проектування швейних виробів з можливістю кастомізації та прогнозуванням майбутніх модних тенденцій

Для досягнення поставленої мети були виконані наступні **завдання**:

- Проаналізовано вплив масової кастомізації на проектування одягу та досліджено застосування нейронних мереж у цьому процесі.
- Досліджено метод отримання цифрового образу фігури з використанням 3D сканування і завдяки камері смартфона.
- Запропоновано методикку створення бази даних для навчання нейронної мережі з метою автоматизації дизайну чоловічого одягу.
- Визначено критерії для відбору елементів дизайну в автоматизованих колекціях.

Практична значимість. Запропонований метод автоматизованого проектування промислових колекцій з урахуванням принципів масової кастомізації дозволяє зменшити час на проектування моделей швейних виробів та підвищити ефективність виробництва на 50%.

Результати дослідження були представлені на VII Міжнародна науково-практична конференція текстильних та фешнтехнологій KyivTex&Fashion, яка відбулася 19.10.2023р.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ В УМОВАХ МАСОВОЇ КАСТОМІЗАЦІЇ

Сучасна легка промисловість відкриває широкі можливості для впровадження науково-технічних досягнень. Використання сучасних систем тривимірного сканування, систем автоматизованого проектування (САПР) та віртуального моделювання дозволяє оптимізувати тривалість робіт з розробки нових моделей одягу та конструкторської підготовки виробництва, зменшити час на перевірку якості посадки виробів завдяки віртуальній примірці, підвищити різноманіття створюваних моделей. В галузі моди все більше використовуються інноваційні та інтелектуальні технології, які також знаходять відображення в завданнях, що вирішують мистецькі відділи підприємств та дизайнери.

Історично так склалося, що в Україні виробництво чоловічих костюмів відбувалося на великих фабриках, сучасні виробники цього асортименту більш за все спрямовані на виробництво однотипної продукції великими серіями, що можливо завдяки стабільності конструктивних рішень деталей чоловічого костюма. Однак розвиток цифрових технологій, вища вимогливість споживачів та висока конкуренція в цій галузі змушують виробників замислюватися над способами оптимізації виробництва та при цьому забезпечення можливості запропонувати споживачу більше різновидів зовнішнього вигляду моделей. У таких умовах стратегія масової кастомізації стає найзручнішим інструментом для вирішення описаних вище завдань. Основне завдання розділу - проаналізувати вплив масової кастомізації на організаційні, виробничі та маркетингові процеси в легкій промисловості.

1.1 Масова кастомізація як перспективний напрямок у розвитку промислового виробництва

У 1970 році північноамериканський вчений, соціолог і прогнозіст Елвін Тоффлер вперше висловив думку щодо створення продуктів, які задовольняють індивідуальні потреби клієнтів, при ціні, близькій до вартості стандартизованого виробництва. Пізніше, у 1989 році, Стен Девіс дав назву “масова кастомізація” режиму створення персоналізованих продуктів у своїй книзі “Future Perfect”. Девіс описав “масову кастомізацію” як здатність збільшувати кількість споживачів у економіці масового виробництва, враховуючи особисті потреби покупця в продукті компанії. Згідно з висловлюванням Ф. Сальвадора, П. М. Де Голана і Ф. Піллера, масова кастомізація (МК) вважається “процесом відповідності можливостей компанії потребам клієнта”. Іншими словами, це стратегія залучення покупця до процесу проектування виробу з метою отримання індивідуалізованого товару [56].

Аквилано і Шас Якобс називають кастомізацію ефективним способом розподілу виготовлених товарів для конкретного покупця. Стерн, Каміс і Куфаріс, досліджуючи явище кастомізації, довели, що клієнти, які користуються інтернет-магазином з можливістю кастомізації товарів, виявляють більше задоволення, порівняно з клієнтами, які використовують класичний інтернет-магазин без функції персоналізації [32].

Лоусон описує “масову кастомізацію” як механізм, який включає в себе масове виробництво, гнучкий підхід і виготовлення виробів з урахуванням очікувань користувачів. Вондерембс і Рагу Натан стверджували, що “масова кастомізація” – це стратегія, яка дозволяє компаніям створювати і надавати великий вибір різних продуктів, які відповідають конкретним потребам споживачів зі збереженням вартості і строків масового виробництва [46].

Також українськи наукові роботи щодо масової кастомізації підкреслюють її розвиток у рамках "розумного споживання" та еко-спрямованого дизайну одягу. Висновки свідчать про споживчий попит на самовираження через

персоналізований одяг. У Стратегіях масової кастомізації підкреслюється важливість врахування технологій, конкуренції та уподобань споживачів. Крім того, звертається увага до апсайклінгу, способу переробки вживаного одягу та його подальшої кастомізації, як перспективного напрямку виробництва одягу, що сприятиме формуванню звичок свідомого споживання [1,2,3,4].

У сучасний час більшість експертів розглядають масову кастомізацію як стратегію, яка забезпечує конкурентну перевагу виробничої компанії. Принципи масової кастомізації використовуються на різних етапах роботи організації. Так, в концепції CRM існує персоналізована взаємодія з користувачами, що залучає їх до постійних навчальних відносин. В цьому сприйнятті кастомізацією є кожне індивідуалізоване відношення з клієнтом. Кастомізованим може бути не тільки сам товар або послуга, але і їх продаж, консультування, передпродажні заходи і так далі.

Отже, еволюція наукових поглядів на сутність явища кастомізації призвела до більш широкого її тлумачення (рис. 1.1) як стратегії розвитку підприємства та філософії бізнесу.



Рисунок 1.1 – Еволюція наукових поглядів до кастомізації

У період стартового дослідження кастомізації було спрямовано на вирішення завдань у сфері технологій та виробництва, маркетингових стратегій та управління витратами. Проте в сучасний період формування цієї концепції акцент змістився на опис кастомізації як стратегії діяльності виробників, надаючи їй системний характер.

Були визначені фактори, які впливають на широке впровадження масової кастомізації в виробничі процеси підприємств.

Вплив і доступність технологічного ринку. Цифрові технології, доступність мобільних додатків та пристроїв, розвиток інтернет-торгівлі сприяють широкому впровадженню комп'ютерного проектування (CAD) та автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва (CAM). Масова кастомізація передбачає постійний зв'язок виробника з споживачем. Таким чином, підприємствам доводиться встановлювати діалог з клієнтом для задоволення його потреб. Технології Інтернету допомагають в цьому, забезпечуючи віддалений контакт з клієнтом і реагуючи на його бажання, а використання комп'ютерних програм дозволяє виготовити 3D-прототипи продукту.

Попит споживачів на кастомізовані продукти зростає. З огляду на зростаючі вимоги споживачів до зовнішнього вигляду та якості одягу доведено, що споживач готовий витратити більше часу на очікування персоналізованого виробу, в якому враховані його власні уподобання, і заплатити за це вищу ціну.

Готовність ринку до кастомізованих продуктів. Підприємство отримає значущу перевагу перед конкурентами, розробивши систему масової кастомізації першим, що дозволить компанії закріпити свою позицію та бути поміченою клієнтами як лояльна та інноваційна. Виробництво стандартизованих продуктів вже минуло. Підприємствам слід розробляти нові продукти з можливістю їхньої модифікації за запитом споживача. Масова кастомізація заклала в поняття процеси модульності та зміни конфігурації.

Дослідивши різні підходи до визначення терміну "кастомізація", можна надати таке формулювання: кастомізація - це процес адаптації змін продукту під

вимоги клієнта зі збереженням ефективності, що наближена до ефективності масового виробництва.

Головні аспекти цього визначення:

- персоналізація товару і персоналізація відносин з клієнтом;
- стратегія організації, яка створює додану вартість через взаємодію з користувачами та фокусується на зростанні прибутку;
- психологічна складова процесу: споживач, проектуючи персональну модифікацію продукту, отримує ефект "володаря виробом".

З часом, коли все більше брендів розуміють важливість спільного проектування, коли є можливість отримати персоналізований продукт з унікальними характеристиками, питання взаємодії між виробником і клієнтом стає одним із ключових у загальній системі організації автоматизованого виробництва.

1.2 Новий підхід до процесу проектування одягу на основі врахування впливу масової кастомізації на виробничий процес і життєвий цикл швейних виробів

Похід від масового виробництва до створення персоналізованих продуктів, зокрема одягу, став об'єктом наукових досліджень і обговорень протягом понад сорока років, і його принципи стали важливим інструментом для розвитку виробничого потенціалу як зарубіжної, так і вітчизняної промисловості.

Аналіз науково-практичних робіт показав, що існує відома класифікація, в якій виділені основні підходи (рис. 1.2). Вчені вважають, що за характером змін продукту кастомізація може бути:

- Експертною, коли виріб виготовляється "під кожного користувача". У розглянутому випадку більш близьким формулюванням буде - індивідуальна кастомізація;
- Модульною, коли клієнт може вибрати відповідний набір комплектуючих елементів або налаштувань наданих виробником.

У цій класифікації враховані два основних критерії:

- Рівень персоналізації виробу (від максимальної при експертній індивідуалізації до мінімальної, коли індивідуалізація обмежується зовнішнім виглядом);
- Гнучкість виробничого підходу (від одноразового випуску при експертній кастомізації до персоналізації продукту на пізніших етапах проектування і продажу).

Кастомізацію можна поділити на два типи: горизонтальну кастомізацію (версія продуктів із схожих, неідентифікованих деталей) і вертикальну кастомізацію (ексклюзивний продукт із оригінальних "елементів", індивідуально виготовлених спеціально для конкретного споживача).

Підхід, запропонований Пайном і Гілмором, включає чотири категорії кастомізації за типом поведінки постачальника (виробника або продавця товару) [24]. Колаборативна (спільна) персоналізація характеризується виникненням діалогу між виробником і клієнтом, в результаті якого виявляється потреба клієнта і враховується при формуванні пропозиції продукту, що задовольняє цю потребу. Адаптивна персоналізація характеризується "вбудованими" можливостями налаштування елементів, які клієнт може використовувати і змінювати на свій розсуд. Виріб із індивідуалізованими уявленнями про нього в очах споживача є прикладом косметичної кастомізації. Прозора кастомізація, навпаки, передбачає зміну самого продукту. Однак персоналізація може зміщуватися від серійного або масового виробництва і фокусуватися в напрямку "на замовлення" і/або створенні одного і того ж продукту, але у різних комплектаціях, включаючи ряд опцій (компонентів, модулів і т.д.), проектних рішень.

Огляд наукових праць та проектів. Багато дослідників характеризують процес масової індивідуалізації як один із основних світових тенденцій у розвитку промисловості [33]. Велика кількість вітчизняних та іноземних наукових праць присвячена теоретичним дослідженням принципів масової індивідуалізації в сучасному інформаційно-цифровому суспільстві та принципів взаємодії між

виробниками та споживачами [1,3,33]. Вчені розглядають шляхи розвитку масової індивідуалізації. Наприклад, дослідники Yan, Y., Gupta, S., Schoefer, K. у своїй роботі “A Review of E-mass Customization as a Branding Strategy” описують персоналізовані налаштування електронної взаємодії між виробником та покупцем [49]. У статті виділено дві типології електронної індивідуалізації на основі рівня участі користувача у колективному проектуванні:

- *collaboration* - налаштування, яке дозволяє клієнту брати участь у проектуванні на ранньому етапі;
- *adoption* (прийняття) - налаштування, яке направляє користувачів на етап після проектування і дає можливість сегментовано змінювати товар.

Yoo, J. та M. Park визначили зв'язки між клієнтською цінністю і задоволеністю, а також між задоволеністю і лояльністю в онлайн-контексті [70]. Остаточні дані показали, що утилітарні, гедоністичні, соціальні цінності та творчі досягнення впливають на задоволеність споживачів внаслідок індивідуалізації, що, в свою чергу, впливає на лояльність до бренду компанії. У своєму дослідженні Ying, Z., L. Li і X. Хуе розглянули відносини між споживачем, дизайнером та виробником у процесі колективного створення одягу за індивідуальним замовленням. На рисунку 1.3 представлена цифрова платформа масової індивідуалізації Magic Manufactory [69].

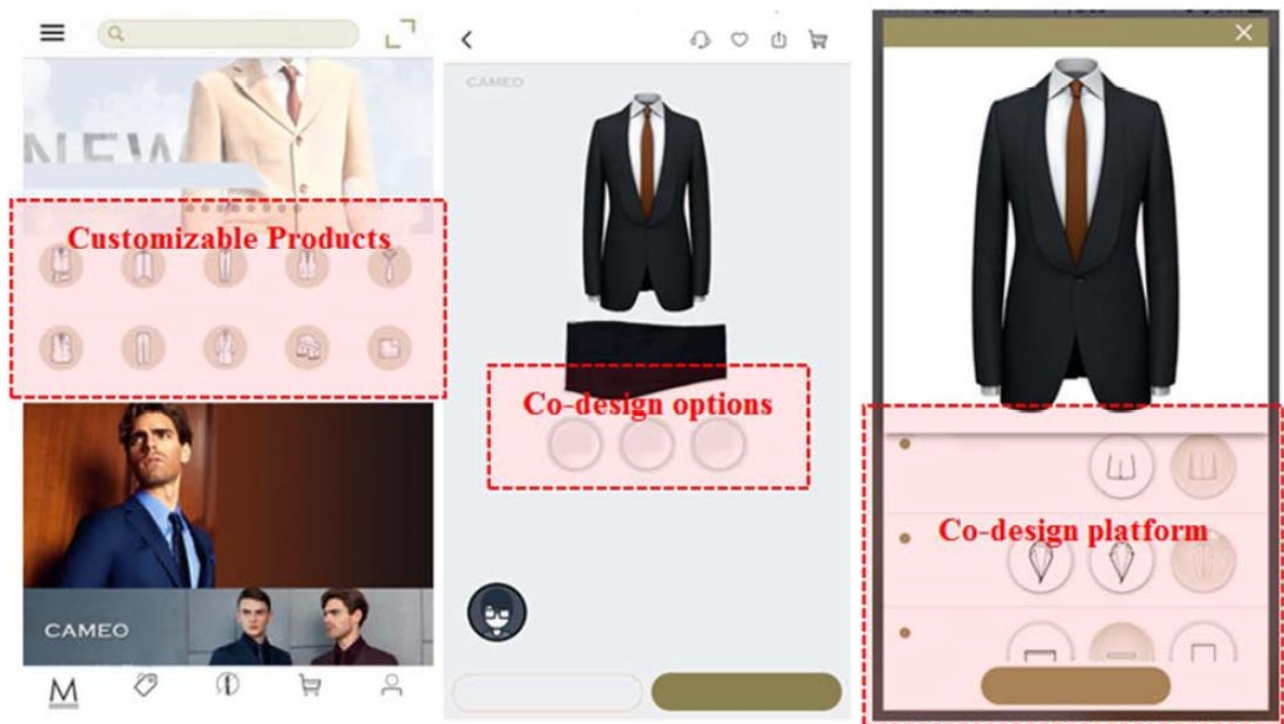


Рисунок 1.3 – Цифрова платформа масової кастомізації Magic Manufactory

Дослідники також дослідили переваги сучасних технологій, що беруть участь у процесі індивідуалізації продукції, таких як набори інструментів для колективного проектування, 3D-сканування фігури та системи CAD. Завдяки інтелектуальній хмарній системі інтегрованого управління промисловими та торговими послугами C2M + O2O (від онлайн до офлайн) стає реальністю. Компанія Saint Angelo виходить з вимог споживачів як зі стартової точки, а потім створює віртуальний режим налаштування EMTM (електронний, зроблений на замовлення), який підходить для масштабної індивідуалізованої настройки (рис. 1.4) [69].

Внаслідок використання інтелектуальної системи виробництва, ефективність виробництва збільшується на 50%, коефіцієнт якості продукції підвищується до 99%, і кількість персоналу зменшується на 10%. Крім того, час доставки товару скорочується з 15 днів до 7 днів [69].



Рисунок 1.4 – Платформа спільного проектування EMTM

Важливою темою у дослідженнях масової індивідуалізації є процес модульного проектування виробів і його вплив на бізнес-процеси організації та загальну результативність [51,52,54,62]. Більшість авторів розглядає модульний дизайн як метод проектування, який можна використовувати для створення складних оригінальних продуктів за допомогою уніфікованих компонентів. Крім того, модульна конструкція включає в себе як переваги стандартизації, так і переваги індивідуалізації [55]. У контексті масової індивідуалізації одягу модульність дозволяє підприємствам впоратися зі швидко змінними вимогами клієнтів. Для реалізації цієї стратегії виробник виділяє структурні елементи одягу, наприклад, у чоловічій сорочці це передня частина, спинка, комір, рукав, кишень і інше. Дизайнери брендів створюють основні компоненти швейних виробів і завантажують їх заздалегідь в базу даних модульного дизайну, після чого споживачі можуть вибирати стандартизовані компоненти для створення індивідуалізованих продуктів. Рисунок 1.5 демонструє модульну базу даних дизайну компанії Hockerty [78].



Рисунок 1.5 – Модульна база даних проектування компанії Hockerty[98]

Вчені Park Youngcheon, Ahn Sung Hoon, Zheng Woo Kyun, Xu Eun Suk, Kim Sung Min, Kim Sung Chul розробили модульний метод проектування виробів для масової індивідуалізації виробництва одягу та виробничу систему для його реалізації. Вхідні графічні дані про форму швейного виробу аналізуються, після чого генеруються декілька базових елементів для створення замовленого виробу. Базові вирізки для кожного з декількох базових елементів формуються відповідно до параметрів замовленого одягу. Базові вирізки порівнюються з еталонними вирізками, які зберігаються в базі даних вирізок, і визначається відповідна категорія вирізок. Система модульної технологічної лінії для виробництва одягу включає технологічні лінії модулів для виготовлення конкретних робочих модулів і технологічну лінію пошиву для фінальної обробки прикрашеного швейного виробу шляхом зшивання деталей головного зображення.

Chen Chen в своєму винаході пояснює модульний дизайн модного плаття (рис. 1.6). Ця розробка надає можливість вибирати різні варіанти конструктивних, структурних і візуальних елементів плаття, а також змінні аксесуари та їх поєднання відносно індивідуальних уподобань споживача.



Рисунок 1.6 – Модульне проектування модної сукні

Zhang, M., Guo, H., Huo, B., Zhao, X., та Huang, J. досліджували вплив процесу масової індивідуалізації та модульності виробу на інтеграцію якості ланцюга постачання, провівши дослідження великих компаній легкої промисловості [71]. Спираючись на модульність процесу індивідуалізації, Modraka V. і Soltysova Z. досліджували взаємозв'язок між модульністю виробу і модульністю процесу [52]. Fogliatto F. S., Silveira, G. D. і Borenstein D. визначили шість факторів успіху масової індивідуалізації, включаючи попит споживачів, ринки, ланцюжок створення вартості, технології, індивідуалізовану пропозицію та знання [23]. Загалом, за думкою авторів, модульність та стандартизація платформ виробів, стратегії взаємодії з клієнтами вважаються ключовими факторами успіху.

Сучасні перспективні системи, здатні читати розмірні характеристики фігури людини і швейних виробів, активно використовуються в легкій промисловості (3D-сканери, програмні продукти і мобільні додатки). Інтеграція 3D-сканування з системами CAD отримала велику увагу в літературі масової індивідуалізації протягом останнього десятиліття, переважно в швейній і взуттєвій промисловості для віртуального дизайну і примірок виробів

[28,29,30,45,50,53]. За допомогою зібраних даних здійснюється персоналізоване моделювання і конструювання виробів з подальшим виготовленням (рис. 1.7)[21].

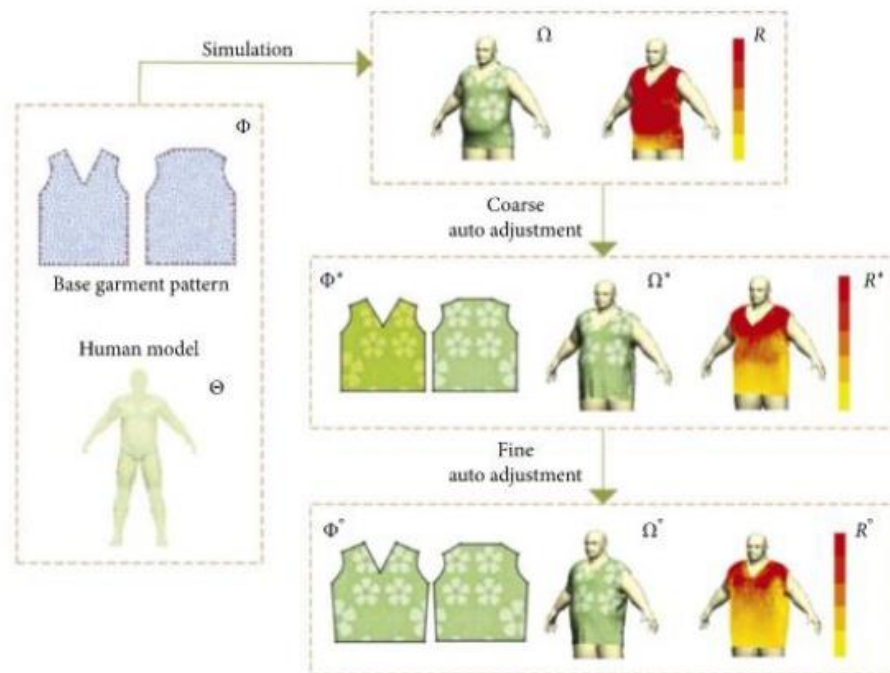


Рисунок 1.7 – Потік процесу автоматичного налаштування[21]

Автори, такі як Yang Jae Min, Li Chunxiao, Liu Huimin, Xu Ying, Xiao Yi, Feng Meiling, Zhang Dongliang, Wen Meiting, і інші, у своїх роботах досліджують власні автоматизовані методи визначення параметрів людської фігури для подальшого проектування одягу [39,74,94,80]. Satam, D., Liu, Y., і Lee, H. J. вивчили економічні фактори, які призводять до розвитку масової індивідуалізації, і запропонували нову систему автоматизованого 2D та 3D проектування одягу [57].

Деякі дослідники пропонують методи автоматичного вимірювання розмірних характеристик фігури для проектування конкретних швейних виробів, таких як жіноча білизна [83] (рис. 1.8), пальта, сорочки [48,94], чоловічі куртки [59], рукавички [73].



Рисунок 1.8 – 3D моделі спідньої білизни

Також існує метод проектування швейних виробів для плечового відділу на фігури з порушеннями осанки, при якому проводиться комбіноване вимірювання тіл контактним і безконтактним способами (фотографування). Отримана інформація надає можливість оцінити асиметрію різних ділянок фігури, а також розрахувати розподіл розмірів і величин приростів для правої та лівої сторін тіла. На рисунку 1.9 представлені манекени правої і лівої сторін фігури з порушенням осанки.

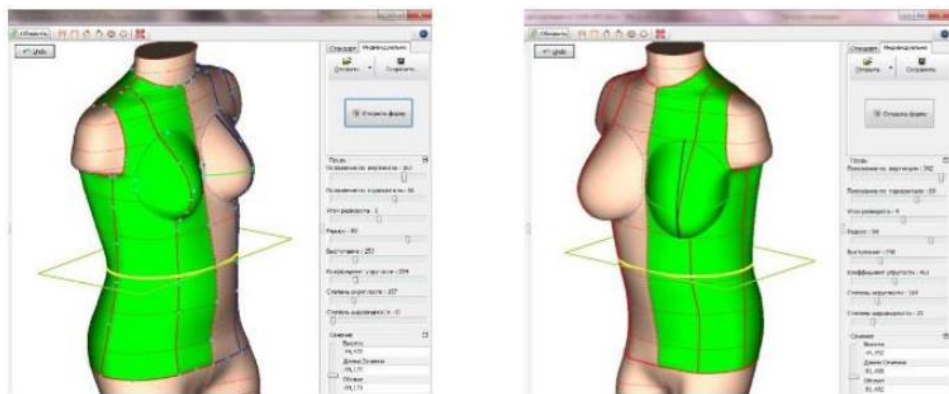


Рисунок 1.9 – Манекени правого та лівого боків фігури з порушенням постави

Деякі з наукових робіт, що були проаналізовані, присвячені методам проектування швейних виробів на основі поєднання та порівняння віртуальних образів фігур (типових та індивідуальних), а також образів моделей одягу (еталонних та проєктованих) [61,10].

Для застосування принципу масової індивідуалізації у виробничій концепції використовується “схема управління взаємовідносинами з клієнтами (customer relationship management/ CRM)” як програмний продукт, який служить для автоматизації взаємодії з клієнтами, що покращує показники продажів і зміцнює зв'язок з споживачами шляхом накопичення даних про клієнтів та їх замовлення для подальшого аналізу та планування випуску моделей швейних виробів і стратегії продажів. Зокрема, це включає можливість клієнта обирати тканини та матеріали (рис. 1.10)[35], малюнок (візерунок) та кольорове вирішення, ефект зносу з певними заданими візерунками, авторські текстури [66,76,83,84,89].

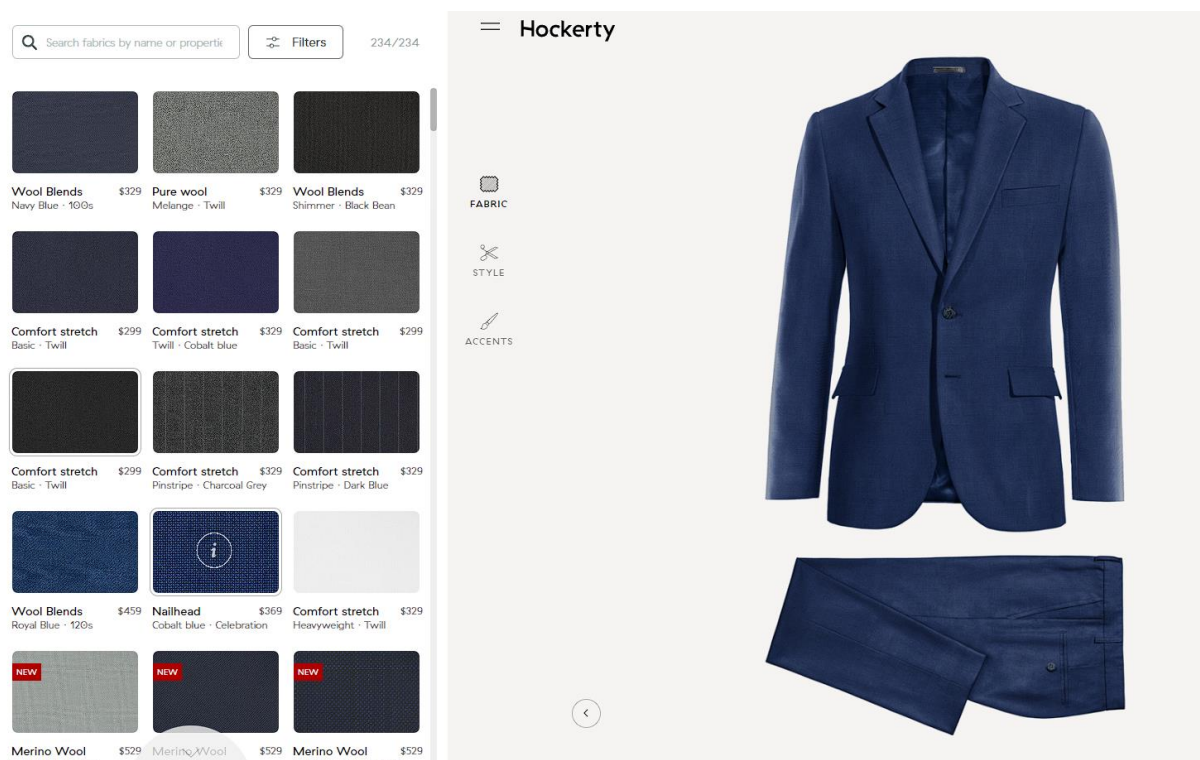


Рисунок 1.10 - Процес вибору тканини для виробу Hockerty[98]

Великі бренди в активному режимі використовують дану систему в наш час. Наприклад, H&M з 2018 року впроваджує сервіс індивідуалізації продукції у своєму флагманському магазині в Парижі, за допомогою друку, нашивання та вишивки (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Кастомізована продукція бренду Н&М

Важливим аспектом взаємодії виробника і споживача є розроблена система рекомендацій щодо моделей одягу. Зібрані та оброблені дані клієнтів дозволяють створити актуальну пропозицію щодо покупки відповідної моделі конкретному споживачеві. Дослідники приділяють цьому завданню значну увагу [77,79,87,99,90]. Наприклад, Hyunsan Kim запропонував систему рекомендацій моделей одягу на основі працюючих пристроїв, що реагують на вимовлені слова, виявлення емоцій (біосигнали) та інформацію про навколишнє середовище (погодний індекс). Автори Yoshimura Atsushi, Kawamura Atsuko і Kishimoto Taizo запропонували методику та програму для рекомендації одягу, яка обробляє розмірні характеристики фігури людини та надає рекомендаційну інформацію про відповідний швейний виріб, знайдений у базі даних. На рисунку 1.12 показано приклад рекомендацій щодо конструктивних та колористичних рішень для конкретної фігури [79].

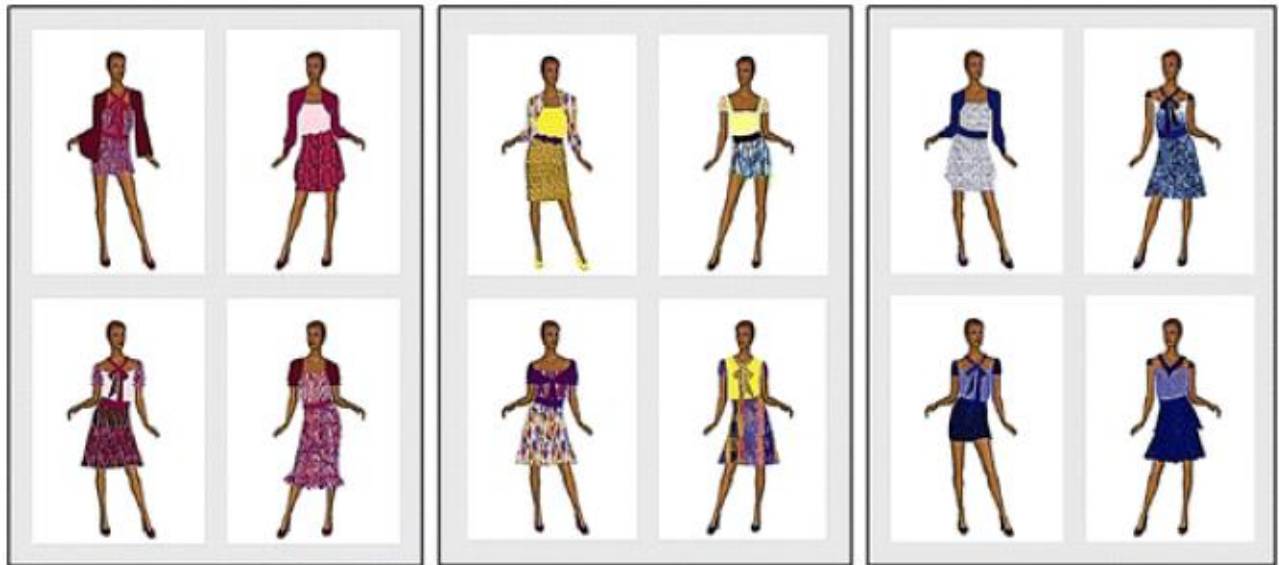


Рисунок 1.12 – Приклад рекомендацій конструктивних і колористичних рішень на конкретну фігуру[79]

Сервіс Gucci "Спробуй сам", який було запущено на офіційному веб-сайті, дозволяє клієнтам індивідуалізувати сумки та кросівки, додавши на них свої ініціали або зображення. Gucci також надає можливість персоналізувати вироби за допомогою латинських літер з різних видів шкіри, включаючи крокодилову та пітонову, а також фарбованого войлока [99].

Отже, аналізуючи науково-практичні роботи зарубіжних і вітчизняних авторів, була виявлена потреба в створенні підходу, який би визначав масову індивідуалізацію як інструмент, що впливає на виробничий процес та життєвий цикл швейних виробів:

- експертний - потребує перебудови всього процесу, включаючи зміну проектно-конструкторської документації (3D сканування, зміна розмірних ознак), взаємодію з споживачем і т.д.;
- “з точки зору зовнішнього вигляду” - потребує перебудови виробничого процесу шляхом впровадження додаткового обладнання на рівні технологічних рішень (обладнання для вишивки, 3D друку, аплікацій, друків, лазерної різки та інших);

- модульний - незначні зміни в русі виробів під час виготовлення в малих або масових серіях, зміни в технології за допомогою втручання на рівні кількох технологічних операцій (зміни в зовнішньому вигляді за рахунок зміни форми деталей, кількості петель та гудзиків, форми краю і т.д.);
- комбінований (змішаний) - поєднує в собі два або всі вищенаведені види індивідуалізації.

Запропонований підхід може впливати як на окремі частини технологічного процесу, так і на загальний життєвий цикл виробу. Таким чином, доцільно поділити вплив процесу індивідуалізації на виробничий технологічний процес.

Класифікація впливу індивідуалізації на виробничий технологічний процес:

- мінімальний (коротка ланцюжок виробничо-технологічного процесу) - коли індивідуалізація відбувається на рівні визначення розмірних ознак фігури клієнта для базової конструкції швейного виробу (рисунок 1.16);

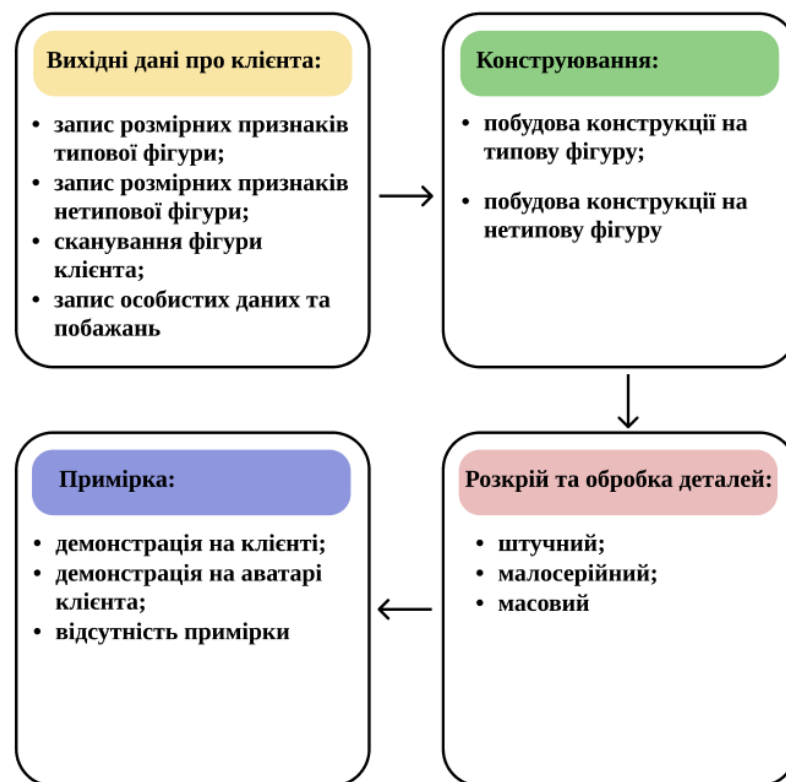


Рисунок 1.16 – Життєвий цикл кастомізованого швейного виробу (за мінімального впливу персоналізації на виробничий технологічний процес)

Процес кастомізації швейного виробу починається з вказанням клієнтом даних щодо його фігури (визначення розмірних характеристик), визначення розмірних характеристик нетипової фігури (індивідуальна фігура) або клієнт може пройти сканування фігури і отримати особистий аватар фігури для подальшого вибору та примірки індивідуалізованого виробу). Далі відбувається визначення базової конструкції швейного виробу (для типової або нетипової фігури), після чого настає процес розкрою і зборки деталей виробу (окремий, малий серійний або масовий). Завершальним етапом є процес примірки індивідуалізованого виробу шляхом його демонстрації на клієнті, на його аватарі, на віртуальному манекені (типовому або нетиповому), або може бути відсутній;

- середній (середній ланцюг виробничо-технологічного процесу) - коли кастомізація враховує, крім розмірних характеристик фігури клієнта, вибір матеріалу, кольорового рішення і / або вибір конструктивно-декоративних елементів (вишивка, перфорація, декор і т. д.) (рисунок 1.17). Потрібно введення в виробничий процес додаткового обладнання на рівні технологічних рішень;
- високий - висока ступінь кастомізації відображається в довгому ланцюжку виробничо-технологічного процесу. В цьому випадку кастомізація включає в себе моделювання базових конструктивних елементів швейного виробу, що полягає у зміні зовнішнього вигляду за допомогою зміни форми деталей, кількості петель та гудзиків, форми борта тощо (рис. 1.18).
- максимальний (максимально довгий ланцюг виробничо-технологічного процесу) - коли кастомізація включає всі вищеписані виробничо-технологічні процеси (рисунок 1.19).

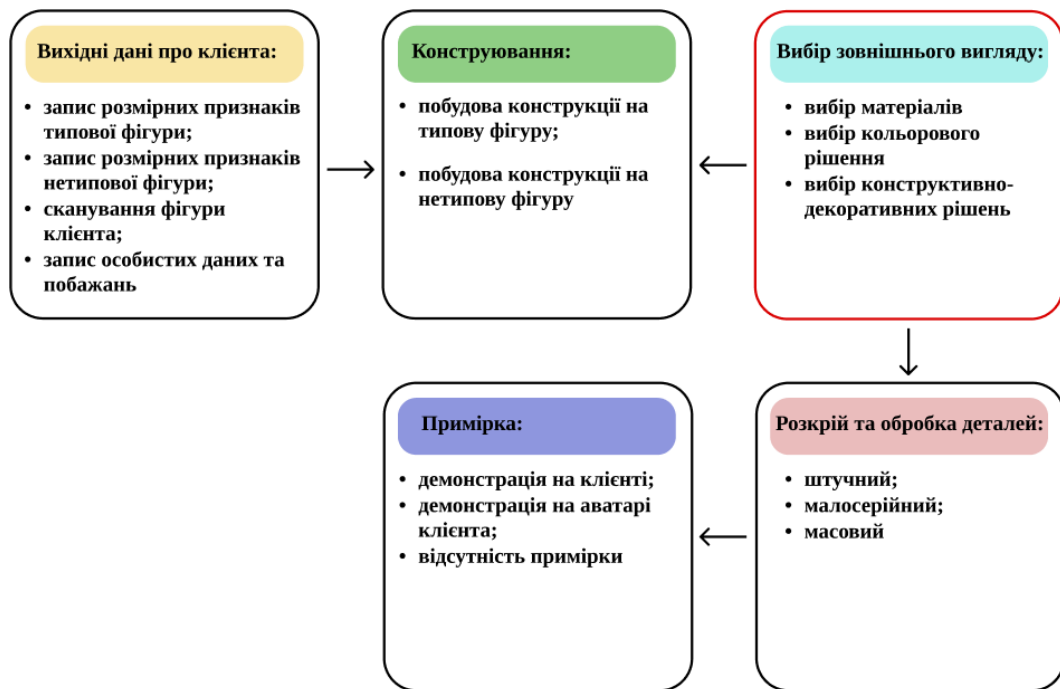


Рисунок 1.17 – Життєвий цикл кастомізованого швейного виробу
(за середнього впливу персоналізації на виробничий технологічний процес)

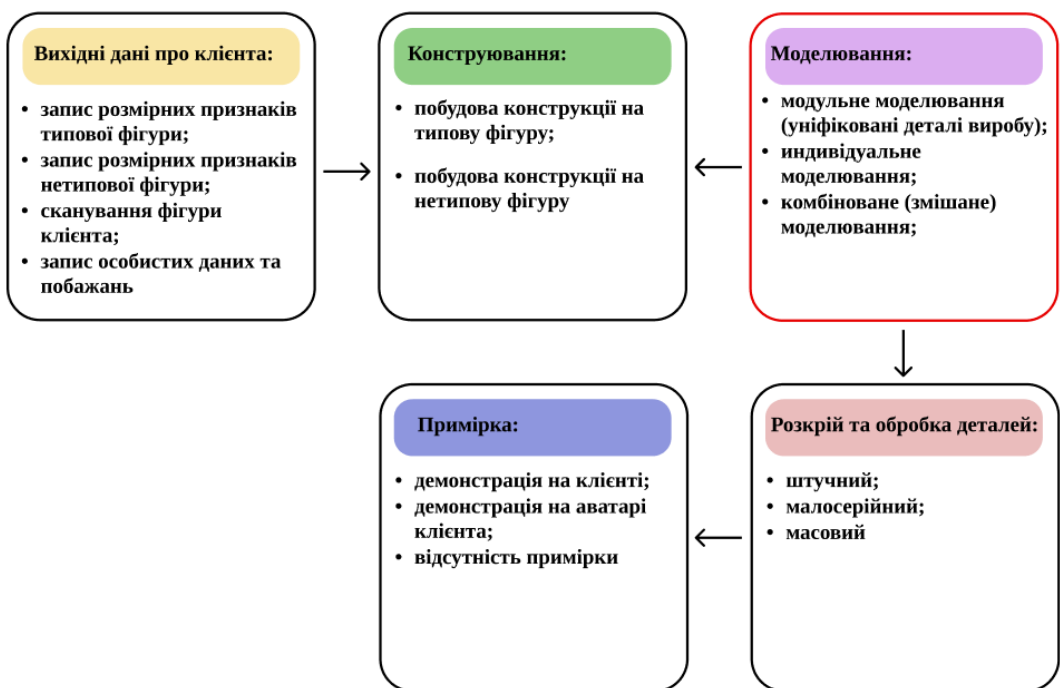


Рисунок 1.18 – Життєвий цикл кастомізованого швейного виробу
(за високого впливу персоналізації на виробничий технологічний процес)

При максимально довгому ланцюгу виробничо-технологічного процесу кастомізація відбувається на всіх можливих рівнях індивідуалізації. Користувач вказує свої початкові дані (розмірні характеристики, особливості фігури та особисті дані), визначається базова конструкція швейного виробу (плечевий або поясний швейний виріб), на базі якої надається перелік можливих структурних конструктивних елементів.

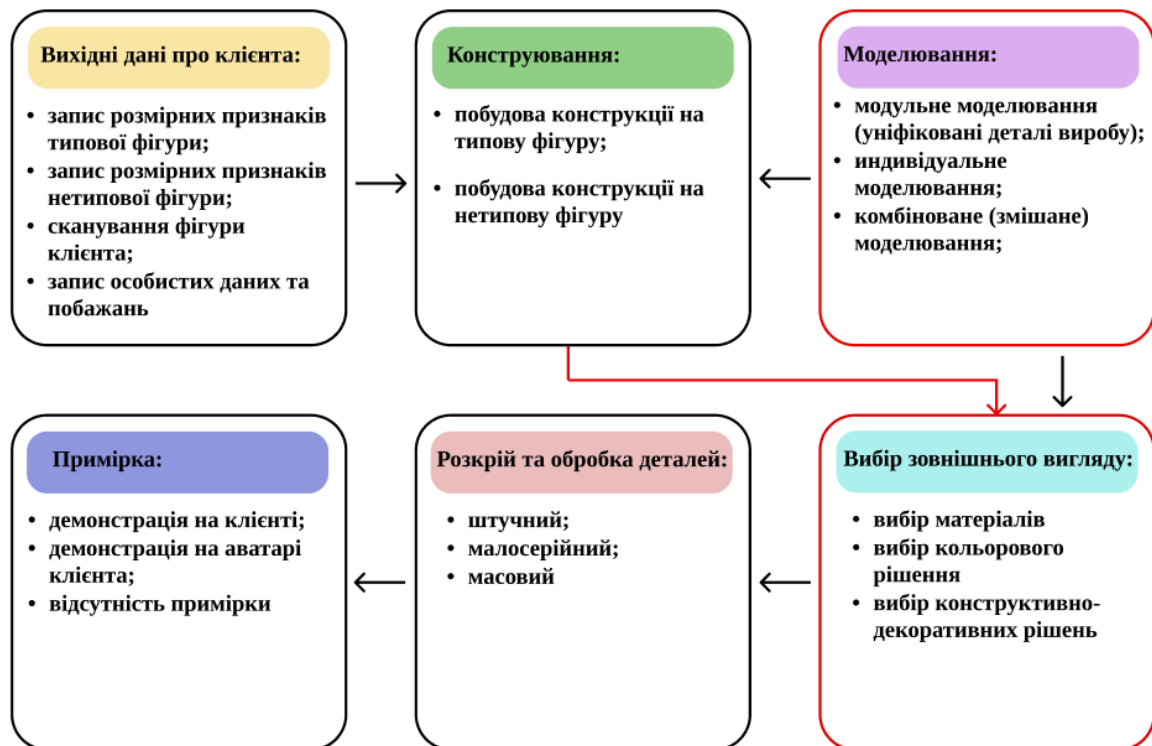


Рисунок 1.19 – Життєвий цикл кастомізованого швейного виробу (за максимального впливу персоналізації на виробничий технологічний процес)

Подальшим або паралельним етапом є вибір компонентів, які визначають зовнішній вигляд проєктованого виробу (вибір матеріалу, кольорового рішення, конструктивно-декоративних елементів); процеси розкрою та складання деталей виробу (штучний, малий серійний, масовий) завершують виготовлення індивідуалізованого продукту; випробування отриманого персоналізованого виробу проводиться за бажанням клієнта в формі демонстрації на клієнті, на його аватарі, на віртуальному манекені (звичайному або індивідуальному).

Аналіз наукових праць закордонних та вітчизняних авторів дозволив визначити масову кастомізацію як інструмент, що впливає на виробничий процес та життєвий цикл швейних виробів. Рівень впливу масової кастомізації на виробничий процес може бути мінімальним, не вимагаючи перебудови технологічного процесу, передбачає незначні зміни життєвого циклу шляхом втручання на рівні декількох технологічних операцій (зміна зовнішнього вигляду за рахунок зміни форми деталей, кількості петель і гудзиків, форми краю тощо). Середній рівень передбачає введення додаткового обладнання виробничого процесу на рівні технологічних рішень, призначеного, наприклад, для вишивки, 3D-друку, аплікацій, нанесення друку, лазерного різання. Високий рівень, “під кожного клієнта”, передбачає перебудову всього процесу проектування як на етапах підготовки проектно-конструкторської документації, так і на етапах виготовлення (3D-сканування, зміна розмірних ознак, взаємодія з споживачем і т. д.). Використання такого інструменту дозволить підприємствам планувати рівень внесення змін в виробничий процес та визначити необхідність закупівлі та оновлення обладнання для реалізації підходу масової кастомізації в власній діяльності.

1.3 Аналіз способів застосування нейронних мереж для прогнозування модних тенденцій та оптимізації процесів проектування швейних виробів

Сьогодні тема штучного інтелекту та нейронних мереж, їх внесок у розв'язання завдань у різних галузях людської діяльності, включаючи прогнозування модних тенденцій та розвиток ринку швейних виробів, широко обговорюється фахівцями у сфері цифрових технологій. Розробка теоретичних аспектів створення, навчання та функціонування нейромереж, нейрокомп'ютерів та нейроінтелекту представлена в фундаментальних працях таких авторів, як Р. Вільяме, П. Вербос, Р. Земель, Йох-Хан Пао, Т. Кохоннен, Е. Мінаї, Ф. Розенблатт, Е. Хінт, Р. Каллан [5,7].

Серед українських вчених, які зробили значний внесок у розвиток штучного інтелекту та нейромереж, можна виділити таких особистостей: М.М. Амосов, який відомий своїми роботами в біологічній кібернетиці; В.А. Ковалевський, який вніс важливий вклад у теорію розпізнавання образів; М.І. Шлезінгер, що працював над проблемами штучного інтелекту, особливо в області розпізнавання образів; Т.К. Вінцюк, який займався дослідженнями в області нейромереж і машинного навчання; М.М. Ботвинник, відомий своїми розробками в області шахових програм; Д.О. Поспелов, який також займався розробкою програм для гри в шахи; та Т.А. Таран, яка внесла вклад у розвиток штучного інтелекту, зокрема в області розпізнавання образів. Їхні роботи відображають різні аспекти впливу моделей штучного інтелекту на розв'язання складних задач [6].

На сьогоднішній день у легкій промисловості широко використовується навчання глибоких нейронних мереж у різних сферах та напрямках. Наприклад, виявлення дефектів на тканинах, прогнозування властивостей матеріалів, оцінка якості швів, моделювання та управління виробничо-економічною системою підприємства, управління технологічними об'єктами та процесами, прогнозування та класифікація модного одягу, виявлення елементів швейних виробів. Якість прийнятих рішень у більшості випадків зараз є аналогічною, а іноді навіть перевершує ефективність людини [40,49].

Клас Глибоких нейронних мереж, які найбільш чітко проявляють свою ефективність при розв'язанні реальних завдань - це згорткові нейронні мережі (CNN). Компанії модної індустрії використовують CNN для вирішення багатьох задач, таких як розпізнавання одягу, пошук одягу та рекомендації. Один із основних кроків для цих реалізацій - це класифікація зображень. Автори Kaye M. і Anter A. пропонують архітектуру LeNet-5, основу на CNN, для навчання параметрів CNN на наборі даних Fashion MNIST [34]. Результати експериментів показують, що модель LeNet-5 (структура згорткової нейронної мережі) досягла точності більше 98%. Таким чином, вона перевершує як класичну модель CNN, так і інші існуючі в літературі сучасні моделі.

Дослідження у сфері швейних виробів, яке використовує глибокі нейронні мережі, має значний вплив на соціальні мережі, електронну комерцію та світ моди. У роботі Маджурана Шаджіні та Амїрталінгама Раманана запропоновано метод для візуального аналізу швейних виробів на зображеннях з метою їх класифікації за категоріями та визначення атрибутів за допомогою створення упорядкованих макетів-орієнтирів (рис. 1.20) [58]. Система для кращої класифікації одягу включає два конвеєри уваги: увагу, спрямовану на структурні елементи, та увагу, спрямовану на просторові канали. Ці конвеєри уваги дозволяють системі представляти інформацію про орієнтири у многомасштабному контексті, тим самим підвищуючи ефективність класифікації за рахунок виявлення важливих функцій та визначення їх розташування на вхідному зображенні. Автори оцінили запропоновану мережу на двох великомасштабних еталонних наборах даних: DeepFashion-C і FLD (виявлення орієнтирів моди).

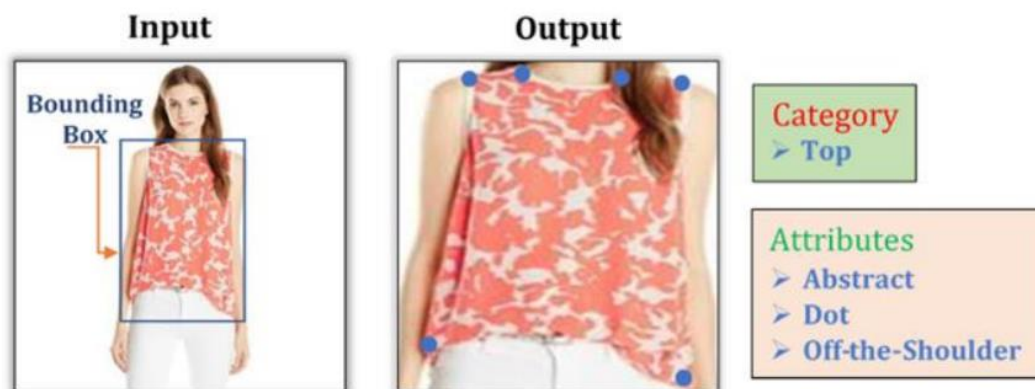


Рисунок 1.20 – Метод визначення категорії одягу та передбачення атрибутів шляхом створення впорядкованих макетів орієнтирів [58]

Кай З., Фенг Дж., Саткліфф Р., Сяю В., Ціронг Б. у своїй роботі "Multi-depth Dilated Network for Fashion Landmark Detection" пропонують новий блок Multi-Depth Dilated (MDD). Цей блок складається з різної кількості паралельних розширених сверток, що дозволяє MDD ефективно витягувати інформацію великомасштабного контексту на різних рівнях. Таким чином, це сприяє

отриманню інформації про відносні позиційні відносини між ключовими точками [31].

Однією з актуальних проблем для підприємств легкої промисловості є передбачення майбутнього попиту на їхню продукцію. Це пов'язано з постійно змінюваним вибором споживачів, який піддається впливу швидкозмінних ринкових тенденцій, що призводить до короткого життєвого циклу модного виробу. Виробникам одягу потрібно передбачити майбутні вподобання споживачів заздалегідь, але вони не мають передових інструментів для досягнення цієї мети. Для вирішення цієї проблеми автори Giri C., Thomassey S., Balkow J., Zeng X. пропонують метод глибокого навчання та прогнозування майбутніх продажів [25]. Зображення одягу перетворюються в вектори функцій, а потім об'єднуються з даними про продажі. Автори використали модель нейронної мережі з зворотнім розповсюдженням для прогнозування продажів нового продукту. Виявлено, що модель працює досить добре, незважаючи на невеликий розмір набору даних.

Fa'en Z., Chen W., Ze H. у своїй роботі описують пристрій для прогнозування модних тенденцій в одязі на основі глибокого навчання [22]. Структура пристрою включає в себе систему збору даних, систему попередньої обробки даних, систему обробки зображень, систему генерації моделей та систему виводу результатів. Система збору даних використовується для отримання популярних зображень одягу та інформації протягом багатьох років. Система попередньої обробки даних використовується для попередньої обробки зображень та інформації, отриманої системою збору даних. Система обробки зображень використовується для виділення деталей одягу на зображенні. Система генерації моделей використовується для інтеграції даних, а система виводу результатів - для виведення рейтингу одягу за популярністю відповідно до отриманих результатів.

У статті “Deep Learning for Fashion Style Generation” (“Глибоке навчання для генерації стилів моди”) автори Jiang S., Li J., Fu Y. пропонують структуру генератора та вибору стильових рішень для швейних виробів (FashionG) і

просторово-обмежену структуру FashionG (SCFashionG) для комбінування стилів та їх порівняння (рис. 1.21) [29].

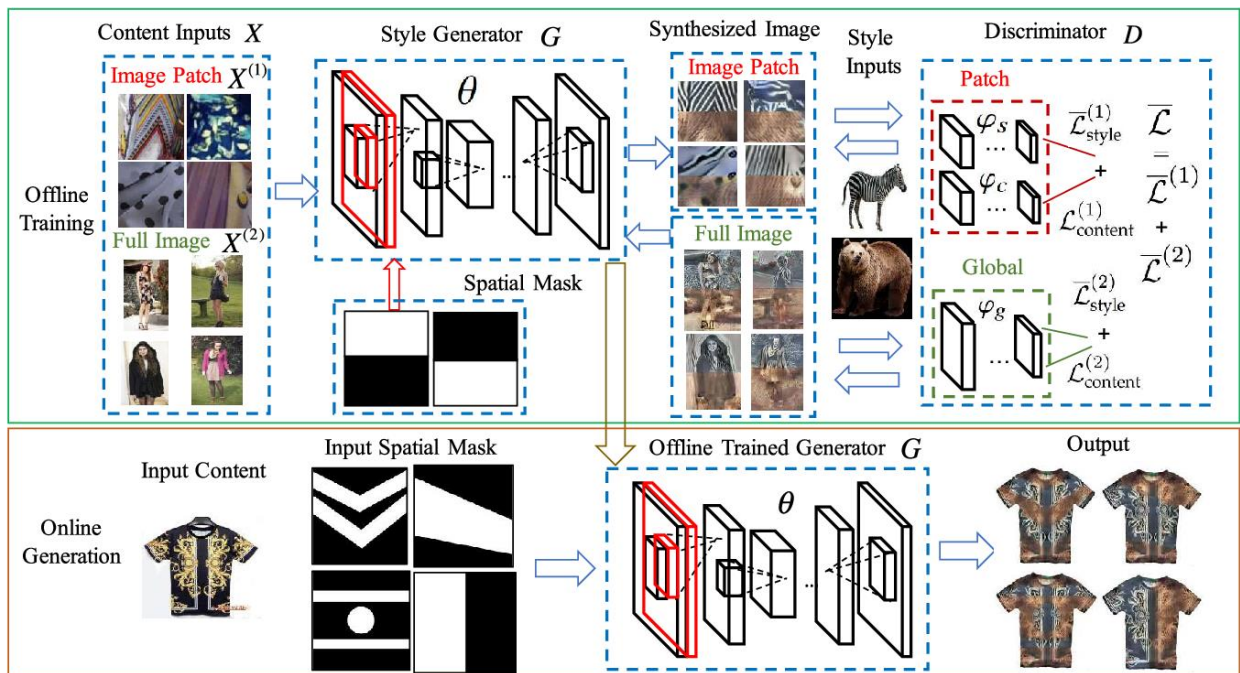


Рисунок 1.21 – Блоки тренувального етапу та приклади генерації модного стилю [29]

Як FashionG, так і SC-FashionG є нейронними мережами з прямим зв'язком, що складаються з генератора для обробки зображень та дискримінатора для збереження контенту на глобальному та локальному рівнях.

Розвиток глибокого нейронного навчання в обробці зображень та відео веде до виникнення нових застосувань штучного інтелекту в галузі моди. Вчені розглядають застосування генеративних змагальних мереж та нейронних стилізацій для подальшого показу швейних виробів. Модель генерує зображення людей у вбранні з урахуванням різних модних уподобань, кольорових та стильових рішень. Автори стверджують, що точність створення індивідуалізованої моделі людини має значний вплив на індустрію віртуальної моди.



Рисунок 1.22 – Приклад згенерованої моделі тіла. Зліва направо: одяг, результат генерації моделі, еталонне зображення та покоління VITON

У своїй роботі автори Li P., Li Y., Jiang X., Zhen X. представляють двопотокову багатозадачну мережу для розпізнавання елементів одягу [40]. Це складне завдання, оскільки модний одяг завжди має кілька атрибутів, які потрібно прогнозувати одночасно для промислових систем у реальному часі. Для впорання з цими завданнями автори перетворюють розпізнавання елементів одягу в багатопарове навчання, включаючи виявлення орієнтирів, класифікацію категорій та атрибутів, і вирішують їх за допомогою запропонованої глибокої згорткової нейронної мережі (рис. 1.23). Автори розробили дві стратегії обміну знаннями, які дозволяють передавати інформацію між завданнями та підвищувати загальну продуктивність. Запропонована модель відповідає сучасним вимогам у розпізнаванні структурних елементів одягу.

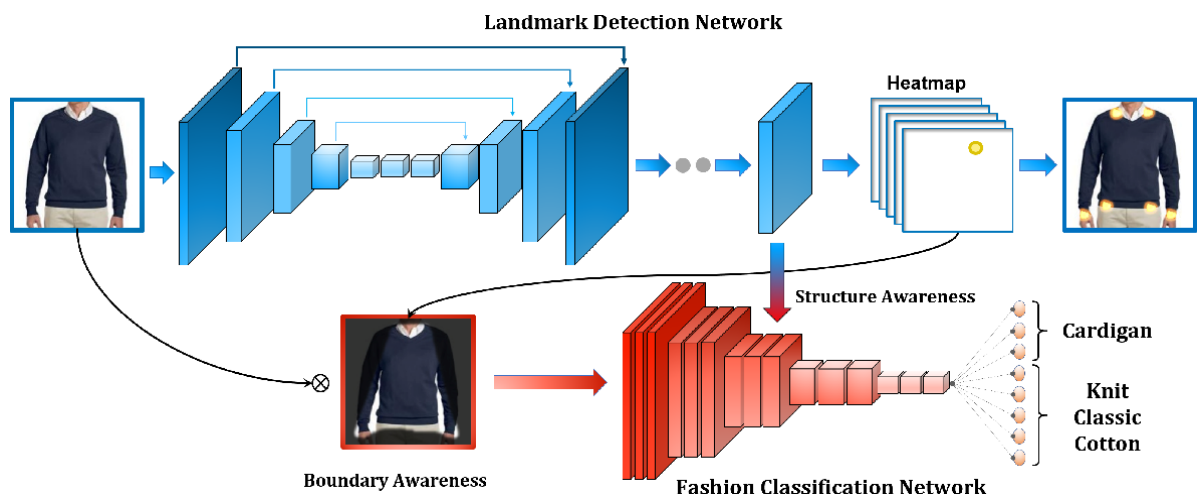
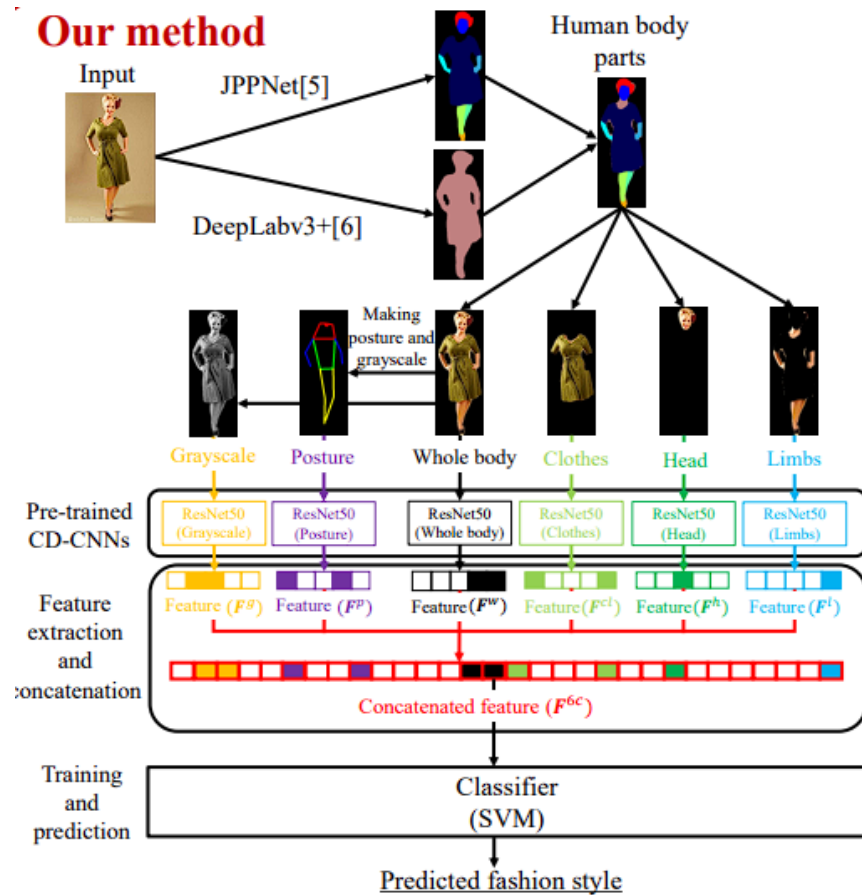


Рисунок 1.23 – Конвеєр запропонованого фреймворка [40]

Також, Ямамото Т. та Накадзава А. розробили метод створення покращеного алгоритму розпізнавання стильових рішень у вбранні, що базується на компонентно-залежних згорткових нейронних мережах (CD-CNN) (рис. 1.24). Автори виконали класифікацію на основі об'єднаних виходів CD-CNN та систем опорних векторів (SVM). Експериментальні результати, отримані за допомогою наборів даних HipsterWars та FashionStyle14, підтверджують ефективність цього методу.



- Extracting human area in a pixel unit by using JPPNet [5] and DeepLabv3+ [6].
- Creating 4 components images from the result of extracting human area.
- Assuming that pose and grayscale are important for fashion style classification, therefore, creating the images.
- Extracting feature vectors using a pre-trained ResNet50 for each component.
- Concatenating extracted feature vectors.
- 5-fold cross validation to find the best SVM parameters.

Рисунок 1.24 – Метод алгоритму розпізнавання стилю одягу, компонентно-залежних нейронних мереж (CD-CNN) [65]

Багато великих баз даних зображень, таких як ImageNet, мають значно розширену класифікацію зображень і інші засоби візуального розпізнавання. Однак більшість таких наборів даних спрямовані лише на однокомпонентну та грубу класифікацію на рівні об'єктів. Для сучасних застосувань часто потрібно кілька міток та деталізованих категорій, але таких наборів даних існує дуже мало, особливо великих і високоякісних. Гуо С., Хуанг В., Чжанг С., Срікханта П., Цзі Я., Лі Я., Адам Г., Р. Скотт М., Белонгі С. пропонують новий набір даних під назвою iMaterialist Fashion Attribute (iFashion42 Attribute), щоб вирішити цю проблему в легкій промисловості (рис. 1.25) [26]. Набір даних складається з понад мільйона модних зображень з простором міток, що включає в себе 8 груп по 228 деталізованих атрибутів. Кожне зображення супроводжується коментарями експертів щодо структурних елементів виробів.



Рисунок 1.25 – Приклади набору даних iFashion-Attribute з 4 груп атрибутів: візерунок, декольте, стиль і категорія [26]

Класифікація об'єктів – це процес присвоєння номера класу об'єктам відповідно до їх характеристик на рівні об'єктів. Зазвичай методи машинного

навчання забезпечують точні результати для завдань класифікації об'єктів. Ілдірім П. та Бірант Д. запропонували нову вдосконалену архітектуру нейронної мережі, яка включає у себе згорткові, максимальні пул та повністю зв'язані рівні для класифікації швейних виробів [68]. У дослідженні порівнюється запропонована згорткова нейронна мережа (CNN) з методами ансамблевого навчання (наприклад, Bagging, Random Forest та AdaBoost) з точки зору точності класифікації. Результати показують, що запропонована модель CNN надає кращі результати класифікації, ніж методи ансамблевого навчання.

Лі С., О І., Чжунг С., Кім С. пропонують мережу для виявлення візуальних елементів одягу з глобально-локальним модулем вбудовування [38]. Модуль глобально-локального вбудовування базується на нелокальній операції для захоплення залежностей на великій відстані та подальшій операції згортки для врахування відносин локального сусідства. Завдяки цій обробці мережа може враховувати як глобальні, так і локальні контекстні знання для зображення одягу. Запропонований метод володіє високою здатністю до вивчення розширених представлень глибоких функцій для виявлення візуальних елементів швейних виробів.

Прогнозування модних тенденцій - важлива задача як для академічної спільноти, так і для промисловості. У напрямку глибокого прогнозування модних тенденцій, робота Ма Ї., Дінг Ї., Сюн Ян Х., Лізі Ляо Л., Кюнг Вонг В., Чуа Т.-С. присвячена докладному дослідженню елементів виробів, тенденцій для конкретних груп користувачів [49]. Здійснено широкий вибір даних про модні тенденції (FIT), зібраних з Instagram з витягнутими записами структурних елементів одягу від часових рядів та інформацією користувачів. Крім того, для ефективного моделювання даних часових рядів структурних елементів зі складними шаблонами запропонована модель рекурентної мережі (KERN), яка використовує переваги глибоких рекурентних нейронних мереж в моделюванні даних часових рядів. Крім того, вона використовує внутрішні та зовнішні знання в галузі fashion-індустрії, які впливають на моделі часових рядів та тенденції.

Аль-Халах З., Штіфельгаген Р., Грауман К. представляють перший підхід до прогнозування популярності стилів, виявлених на основі комплексу структурних і візуальних елементів швейних виробів (рис. 1.26) [13].

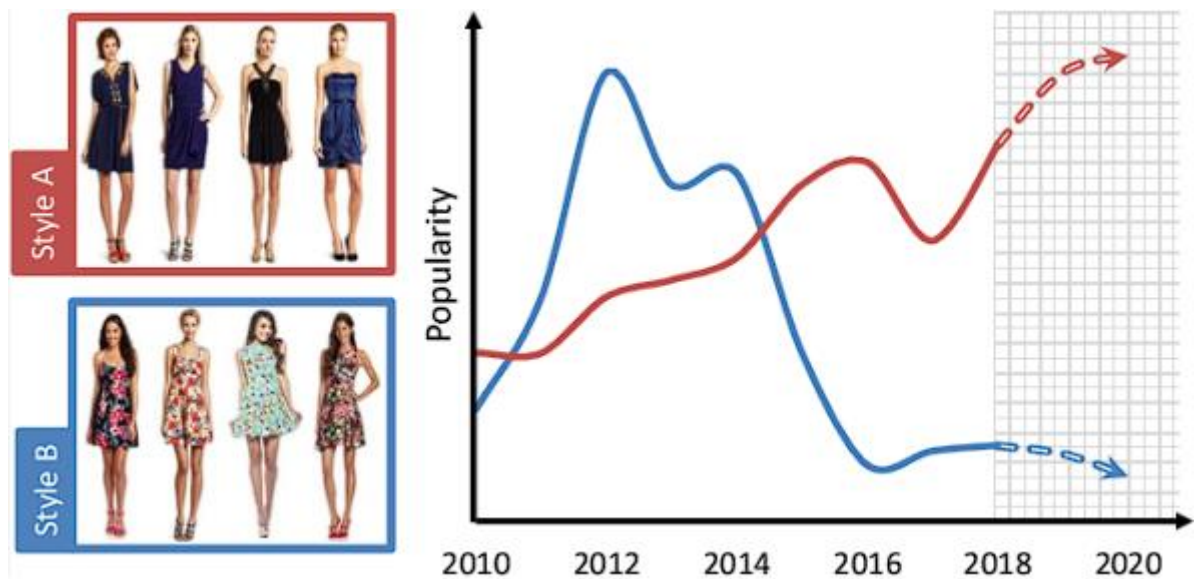


Рисунок 1.26 – Прогнозування популярності стилів А і В з 2010 р. по 2020 р. [13]

Отримана авторами модель прогнозування здатна висувати гіпотезу про майбутні актуальні стильові рішення швейних виробів, виявляти їх динаміку та визначати ключові візуальні та структурні атрибути перспективних моделей відповідного стильового рішення.

Мол У., Матцен К., Харіхаран Б., Сневелі Н., Бала К. запропонували автоматизовану структуру аналізу великого обсягу зображень моделей одягу для (а) виявлення та прогнозування довгострокових тенденцій різних візуальних та структурних атрибутів одягу, а також стильових рішень і (б) просторово-часового визначення місцевих подій, які впливають на вибір споживачів [47].

У дослідженні Чі Юн Кім, Хуа Л. Дж. аналізуються тенденції в роздрібній торгівлі швейними виробами, викликані четвертою промисловою революцією. Аналіз проводиться з точки зору конвергенції великого обсягу даних і використання штучного інтелекту [20]. По-перше, такі компанії, як "Edited" та "Stylumia", пропонують рішення, що підтримують стратегічні завдання модних

брендів і роздрібних продавців шляхом аналізу великого обсягу даних за допомогою штучного інтелекту. По-друге, конвергенція великого обсягу даних за допомогою штучного інтелекту підвищує персоналізоване обслуговування в Інтернеті. По-третє, ідеї, отримані за допомогою штучного інтелекту, допомагають створювати нові платформи для роздрібної торгівлі одягом (Botshop і Lyst). Зрештою, штучний інтелект та наявність великого обсягу даних допомагають в проектуванні актуальних моделей швейних виробів.

Споживачі стали більш вимогливими та менш передбачуваними у своїй купівельній поведінці, що передбачає високу якість товару, гарантовану доступність та швидку доставку. У дослідженні Харфан М., Віккі Вінг Кей Чан основна увага приділяється прогнозуванню попиту за допомогою методів машинного навчання та визначенню значущих змінних-предикторів, які здатні підвищити точність прогнозів [36]. Отримані результати прогнозів порівнювалися, щоб представити переваги підходів машинного навчання. Запропонований підхід був застосований провідною компанією у сфері роздрібної торгівлі швейними виробами для прогнозування попиту на нові колекції без врахування історичних даних.

У контексті зростаючої конкуренції у сфері роздрібної торгівлі швейними виробами, компанії часто вдаються до стратегій, спрямованих на коригування характеристик товарів для максимального задоволення потреб та уподобань клієнтів. Незважаючи на дуже короткі життєві цикли модних товарів, планування запасів та стратегії закупівель можуть бути підкріплені великим обсягом історичних даних, які збираються та зберігаються в базах даних компаній. У дослідженні Лурейро А., Мігуеіш В.Л., да Сілва Л.Ф.М. розглядається використання підходу глибокого навчання нейронної мережі для прогнозування продажів колекцій одягу майбутніх сезонів [44]. Це дослідження спрямоване на підтримку компанії, що займається роздрібною торгівлею швейними виробами, допомагаючи їй у закупівельних операціях. Аналізований набір даних наданий цією компанією. Система прогнозування розроблена з урахуванням широкого та різноманітного набору змінних, зокрема фізичних характеристик виробів та

експертних оцінок. Крім того, у цьому дослідженні порівнюються прогнози продажів, отримані за допомогою глибокого навчання, з прогнозами, отриманими за допомогою набору не глибоких методів, таких як “дерева рішень”, опорна векторна регресія, штучні нейронні мережі та лінійна регресія.

У статті Chen M., Qin Y., Qi L., Sun Y. запропонували модульну систему для покращення функції подвійного уваги (DAFE), яка підсилює видобуті характеристики шляхом адаптивного повторного використання низькорівневих деталей зображення та виділення інформативних частин [19]. DAFE покращує попіксельну інформацію, захоплюючи просторові деталі з низькорівневих характеристик за допомогою матриці керування увагою, яка генерується з високорівневих. DAFE акцентує особливості, пов'язані з завданнями, шляхом моделювання довгострокових відносин між каналами.

У дослідженні Wang Z. і Quan H. використовують послідовне навчання глибокої мережі для навчання системи, яка автоматизовано проектує швейні вироби [63]. Спочатку автори формують модель багаторазової довгострокової / короткострокової пам'яті (Bi-LSTM), щоб розкрити концепцію сумісності між структурними елементами одягу. Потім пропонується модель на основі системи паралельного спостереження за моделлю Bi-LSTM, щоб навчена модель могла фіксувати візуальні особливості одягу. Для оцінки ефективності та практичності запропонованої моделі розроблено два представницьких завдання. Одне з них оцінює зовнішній вигляд існуючих швейних виробів, інше – дані структурних елементів швейних виробів.

Дослідники Li Y., Cao L., Zhu J., Luo J. пропонують систему машинного навчання для автоматизованого проектування швейних виробів [42]. Ядро запропонованої системи аналізує композиційні рішення зовнішнього вигляду та метадані швейного виробу. У своїй роботі автори використовують компонент оцінки. Компонент оцінки - це багатомодальна багатоекземплярна система глибокого навчання, яка одночасно оцінює зовнішній вигляд виробу та встановлює сумісність. Для навчання та оцінювання запропонованої системи автори створили базу даних перспективних моделей одягу, яка включає 195 тисяч

швейних виробів і 368 тисяч структурних і візуальних елементів швейних виробів від Polyvore.

У своїй роботі дослідники Sharstnev V. L. і Vardomatskaya E. Y. розглядають застосування концепції нейронних мереж для дослідження та прогнозування поведінки об'єктів швейного виробництва на основі існуючих наборів програмних застосунків. Основна увага в даній роботі приділяється формуванню математичної нейромоделі, яка сприяє видачі відгуку Y для нового списку первинних даних з точністю не менше 5 відсотків. Ця модель показує зв'язок між значеннями господарської діяльності організації Y_1 , X_1 - X_{14} (входи моделі) та квартальним індексом зменшення собівартості товару Y (%) (вихід моделі). У перспективі її можна застосовувати для прогнозу розвитку компанії.

Підводячи підсумок аналізу наукових праць вітчизняних та зарубіжних дослідників, були виявлені основні переваги та недоліки CNN.

Серед переваг згаданих згорткових нейронних мереж можна виділити такі:

1. Використання згорткових ядер призводить до меншої кількості налаштовуваних вагових коефіцієнтів порівняно з повністю зв'язаною нейронною мережею, що призводить до скорочення часу та обчислювальних ресурсів, потрібних для навчання мережі.

2. Використання згорткових ядер також допомагає уникнути піксельного запам'ятовування та спонукає мережу до процесу узагальнення поданих даних. Локальне сприйняття дозволяє зберігати топологію візуального матеріалу від шару до шару при значному зменшенні обчислювальних операцій. За допомогою аналізу всієї області, а не конкретних точок, підхід враховує властивості візуального матеріалу, що підвищує якість розпізнавання.

3. Мережа навчається за допомогою класичного методу зворотного розповсюдження помилки, а також можуть застосовуватися інші методи навчання мережі, включаючи методи “без вчителя”, такі як навчання на основі фрагментів, коли наступний згортковий шар навчається на фрагментах вже навченого

початковому шару. Можливі інші технології глибокого навчання, такі як згортковий варіант розрідженого кодування (sparse coding), також відома як розгортаюча мережа (deconvolutional networks, DNN), згортковий варіант каскадних машин Больцмана, які навчаються за допомогою математичного апарату, згортковий автоасоціатор.

Недоліками згорткових нейронних мереж є наступні:

1. Тривалий час навчання (кілька днів або більше) для нейронних мереж з кількістю згорткових шарів більше двох. Середній час навчання класифікатора візуальних елементів одягу становить більше 63 годин.

2. Потреба у великій кількості прикладів для навчання. При створенні класифікаторів візуальних елементів одягу часто використовується база MNIST, яка включає понад 60 тисяч тренувальних зображень.

3. Застосовується головним чином для розпізнавання візуального матеріалу.

4. Велика ймовірність повторного навчання нейронної мережі при обмеженій кількості прикладів для навчання з вчителем.

5. Існує значна кількість змінних параметрів нейронної мережі: кількість шарів, кількість ядер для кожного із шарів, розмір згорткового ядра для кожного із шарів, крок зсуву, обов'язкове використання шарів підвибірки, ступінь зменшення розмірності, функція активації нейронів, функція зменшення розмірності (вибір максимуму, середнього і т. д.). Ці значення суттєво впливають на результат, але вони вибираються емпірично для кожної поставленої задачі.

Отже, після аналізу типів нейронних мереж та їх практичного застосування в легкій промисловості, була виявлена актуальність використання згорткових нейронних мереж для вирішення завдання дисертаційної роботи, а саме визначення та відбір модних форм швейних виробів для подальших рекомендацій користувачам при проектуванні індивідуальної швейної продукції.

1.4 Аналіз наявних способів реальної та віртуальної взаємодії споживачів і виробників одягу

Протягом останніх років легка промисловість впевнено крокує вперед завдяки інтенсивному розвитку інформаційних технологій. Відбулася суттєва зміна в галузі автоматизації проектування швейних виробів. Одним із найбільш популярних напрямків розвитку в легкій промисловості стала концепція масової індивідуалізації. Виробники інвестують значні кошти у розробку програмних продуктів, за допомогою яких споживач може вибрати одяг, який відповідає його розміру та ідеально підходить за фігурою. Цифрові технології, системи тривимірного сканування фігури людини і віртуального моделювання конструкцій одягу дозволяють споживачеві придбати унікальну та індивідуалізовану річ, яка відповідає його особистим вимогам, будь то колір виробу, його конструкційна особливість або технологічна обробка.

Мілленіали, як одне з наймасовіших поколінь у сучасному світі, стимулюють попит на індивідуалізовані продукти. Більшість "Персоналізаторів", як їх називає опитування YouGov, в основному (86% опитаних в США, 2019 рік) вважають масову індивідуалізацію привабливою і корисною [104]. Цифрові технології змінюють економіку виробництва і, звісно ж, модну індустрію. У звіті Deloitte зазначено, що половина споживачів цікавиться індивідуальними продуктами і були б готові платити більше і чекати довше, якщо б вони могли брати активну участь у дизайні [98]. Це сприяє формуванню нових гнучких моделей, аналітики, автоматизованих і адаптивних ланцюгів постачання, відкриваючи нові можливості для індивідуального виробництва. Згідно з опитуванням YouGov у квітні 2018 року, 26% споживачів у США персоналізували продукт. Одяг і взуття (29%), а також продукти харчування і напої (29%) були найпоширенішими категоріями для придбання особистих речей [97]. Чимало компаній застосовують масову індивідуалізацію як стратегію для привернення клієнтів, як у фізичних магазинах, так і в інтернет-магазинах. Існують численні

відомі приклади, такі як Porsche і Toyota в автомобільній промисловості, Nike і Adidas, Puma, Louis Vuitton, Burberry, Brooks Brother в індустрії моди, включаючи розкішні бренди та бренди спортивного одягу.

Обираючи певний елемент індивідуалізації, споживач впливає на виробничі та технологічні процеси. Кожен обраний компонент індивідуалізації передбачає систему певних виробничих операцій, а також можливе залучення додаткового обладнання і пристроїв.

У роботі проводиться класифікація рівнів взаємодії споживача з виробничо-технологічними процесами при створенні кастомізованого швейного виробу у форматі надання інструментів і налаштувань у цифровому полі проектування організації. Ця класифікація включає наступні рівні взаємодії

- Перший рівень (мінімальний) – характеризується короткою ланкою виробничо-технологічного процесу, коли користувач вказує розмірні характеристики своєї фігури.

- Другий рівень (середній) – характеризується середньою ланкою виробничо-технологічного процесу, коли персоналізація включає крім розмірних ознак фігури споживача, вибір матеріалу, колірної рішення та/або вибір конструктивно-декоративних елементів (вишивка, перфорація, декор і т. д.).

- Третій рівень (високий) – характеризується довгою ланкою виробничо-технологічного процесу, коли кастомізація включає моделювання базових конструктивних елементів швейного виробу (трансформація зовнішнього вигляду за рахунок зміни форми деталей, кількості петель і гудзиків, форми краю тощо).

- Четвертий рівень (максимальний) – характеризується максимально довгою ланкою виробничо-технологічного процесу, коли враховуються всі вищезазначені виробничо-технологічні процеси першого, другого і третього рівнів.

Способи взаємодії виробника з споживачем в рамках кастомізованого проектування швейного виробу можна класифікувати наступним чином:

- Автоматизований спосіб: збірка всіх вибраних споживачем структурних і візуальних елементів проектованого швейного виробу відбувається

автоматично з подальшим запуском у виробництво без погодження з оператором (приклади: Burberry, Hockerty, iTailor тощо).

- Інтерактивний спосіб: внесення змін у налаштуваннях кастомізації та поетапне погодження змін шляхом віддаленої взаємодії з оператором, використання інтернет-інструментів та цифровізації (приклади: Maika.ua, Gucci).

- Очний (офлайн) спосіб: коли споживач звертається до філіалу (шоуруму, спеціалізованої площадки кастомізації, торгового центру), виконує ряд дій щодо вимірювання фігури, вибору матеріалів, дизайну та змін виробів у реальному середовищі з залученням портного, дизайнера і т. д. (приклади: Levi's Tailor Shop, H&M).

На прикладі компанії Hockerty демонструється автоматизований спосіб взаємодії виробника зі споживачем у рамках кастомізованого проектування чоловічої сорочки. Рисунок 1.27 показує поетапний перехід дій споживача в цифровому полі кастомізації виробу від одного рівня до іншого, що змінює ланку виробничо-технологічного процесу.

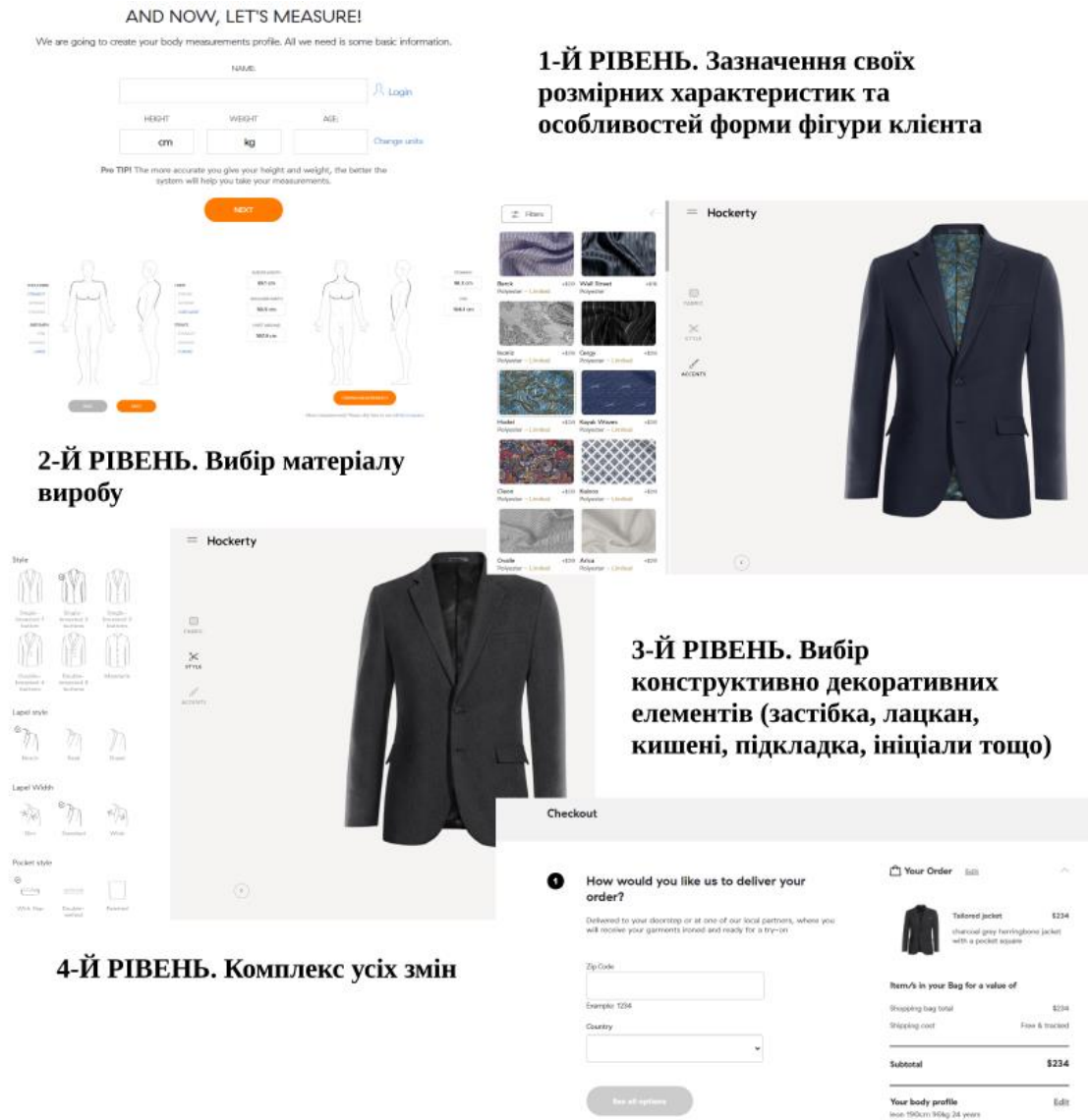


Рисунок 1.27 – Взаємодія споживача з виробником Hockerty в рамках кастомізації піджака чоловічого

Ключовим фактором успішного проектування моделей, що відповідають потребам клієнтів, є ефективна взаємодія між замовником та виробником одягу. Для цього створюють програмні та цифрові продукти, які дозволяють користувачам зручно, доступно, зрозуміло і комфортно визначати свої особисті потреби. Серед цих продуктів можна виділити веб-сайти-конструктори, додатки та програми, які допомагають користувачам створювати індивідуалізовані моделі швейних виробів.

Висновки до розділу 1

Досліджено новий підхід до розуміння масової кастомізації як інструменту, що впливає на виробничий процес та життєвий цикл швейних виробів. Рівень впливу масової кастомізації на виробничий процес може бути мінімальним, не вимагаючи перебудови технологічного процесу, передбачає незначні зміни у життєвому циклі через втручання на рівні певних технологічних операцій; середнім - вимагаючи введення додаткового обладнання на рівні технологічних рішень; високим - потребує перебудови всього процесу проектування як на етапах підготовки проектно-конструкторської документації, так і на етапах технології виготовлення. Використання такого інструменту дозволить підприємствам планувати рівень внесення змін у виробничий процес і визначити необхідність закупівлі та оновлення обладнання для реалізації підходу масової кастомізації в власній діяльності.

Проаналізовано напрямки використання штучного інтелекту в легкій промисловості, виявлено, що якість прийнятих рішень у прогнозуванні асортименту одягу і взуття, класифікації модного одягу, розпізнаванні елементів швейних виробів в більшості випадків є схожою або навіть перевершує ефективність людини. Виявлена актуальність використання згорткових нейронних мереж для вирішення завдання дисертаційної роботи, зокрема для визначення і відбору модних форм моделей чоловічого костюма для подальших рекомендацій користувачам під час проектування кастомізованих швейних виробів.

Проаналізовано процеси, що відбуваються в легкій промисловості, і виявлена необхідність розробки методу автоматизованого проектування асортиментних промислових колекцій з урахуванням принципів масової кастомізації. Основними складовими такого методу повинні бути: розвиток методів отримання точної інформації про антропометричні характеристики людського тіла, використання навчених нейронних мереж для вибору модних форм з урахуванням модних тенденцій і хронологічної змінності та метод

агрегування великої кількості варіантів зовнішнього вигляду майбутніх виробів у промисловій колекції.

Досліджено способи взаємодії споживача і виробника в процесі створення персоналізованих моделей одягу з промислових колекцій. Запропоновано три варіанти взаємодії виробника з споживачем, які слід використовувати при реалізації результатів роботи: автоматизований - персоналізація виробу відбувається автоматично з запуском виробництва без узгодження з оператором; інтерактивний - внесення змін у налаштуваннях кастомізації і поетапне узгодження змін за допомогою віддаленої взаємодії з оператором; особистий (офлайн) - коли споживач звертається в філіал.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЦИФРОВОГО ОБРАЗУ ФІГУРИ

Для зниження технологічної залежності вітчизняної легкої промисловості від іноземних країн набуває особливого значення створення та впровадження інноваційних технологій, сучасного обладнання та програмного забезпечення. Виробництво вимагає підготовлених фахівців, які вміють застосовувати цифрові технології на всіх етапах створення швейного виробу. Розвиток сучасних мобільних пристроїв дозволяє споживачу активно брати участь як у процесах онлайн вибору та придбанні одягу, так і в процесі створення нових моделей одягу. Для цього потрібен новий підхід до визначення, систематизації та перетворення антропометричної інформації про потенційних споживачів продукції.

Саме завдання створення ефективного інструменту для отримання інформації про форму тіла людини у цифровому форматі є основною рушійною силою, яка забезпечила перехід цілого ряду процесів у легкій промисловості в цифровий формат. Результатом вирішення цієї задачі стала технологія тривимірного сканування. Популярність цього напрямку досліджень підтверджує щорічна технічна конференція "3D Body Scanning Technologies" яка є провідною технічною платформою у світі, присвяченою розробкам у галузі 3D-сканування людського тіла та новітнім вимірювальним технологіям.

У сфері швейної промисловості системи тривимірного сканування використовуються для антропометричного аналізу фігури людини, розробка віртуальних об'ємних технічних та художніх ескізів проектованої моделі одягу на фігурі замовника, створення тривимірної моделі тіла і отримання необхідних даних. Існують системи, які функціонують на основі використання фотограмметрії, лазерного випромінювання, муарових смуг, інфрачервоних та глибинних сенсорів, але вони не підходять для автоматизації процесу підбору швейного виробу, і потребують присутності клієнта в філіалі компанії. Також є відома технологія комп'ютерного зору, яка дозволяє машинам інтерпретувати і розуміти візуальну інформацію, використовуючи обробку зображень, машинне

навчання і глибоке навчання для аналізу і прийняття рішень на основі отриманих зображень. Для дослідження було обрано систему “Mobile Tailor” компанії “3DLOOK”, яка працює за принципом комп'ютерного зору та вимагає тільки наявність мобільного пристрою з камерою [8,9].

2.1 Інформаційна структура методу отримання цифрового образу фігури через систему “Mobile Tailor” компанії “3DLOOK”

Так звана система “Mobile Tailor” від компанії “3DLOOK” є значним досягненням у галузі цифрового вимірювання. Запатентована технологія мобільного сканування використовує 3D-статистичне моделювання, штучний інтелект, нейронні мережі та комп'ютерний зір для створення тривимірних моделей тіла споживача. Цей процес вимагає від користувача лише двох фотографій за допомогою смартфона, з яких програмне забезпечення може отримати понад 70 вимірів тіла приблизно за 30 секунд.

“Mobile Tailor” дозволяє компаніям проводити цифрове вимірювання тіла клієнтів без складних інтеграцій або завантаження додатків. Він легко інтегрується з веб-сайтами у вигляді віджетів або за допомогою посилань на вимірювання, забезпечуючи т вимірювання тіла та 3D-моделі майже миттєво.

Технологія розроблена для підтримки масової кастомізації, що дає змогу брендам пропонувати кращу посадку для ширшого спектру типів фігури. Система продемонструвала значний комерційний успіх: такі клієнти, як 1822 Denim, повідомили про збільшення коефіцієнту конверсії на 6,3% після її впровадження [43].

Все починається починається з отримання унікального посилання, яке зазвичай надсилається виробником або продавцем електронною поштою або через платформу обміну повідомленнями. Це посилання слугує шлюзом до вимірювального інтерфейсу “Mobile Tailor”. Простота цього підходу має вирішальне значення, забезпечуючи доступність для широкого кола клієнтів, незалежно від їхньої технічної кмітливості.

Натиснувши на посилання, клієнт потрапляє на веб-інтерфейс системи. Тут клієнт задає свою стать, зріст, вагу та проходить через покроковий процес створення необхідних зображень, він може зробити фото самостійно, і може попросити когось допомогти. Клієнту потрібно дотримуватись щоб одяг щільно прилягав до тіла, було добре освітлено приміщення, був правильний кут та рівень на якому знаходилась камера смартфона та була достатня контрастність оточення в фігури людини. Після того, як фотографії вид спереду і збоку зроблені (рис.2.1), вони завантажуються через той самий інтерфейс у систему. Саме тут вступають в дію алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання, програмне забезпечення аналізує зображення, та складає розміри тіла. Цей процес відбувається майже миттєво, і виробник одразу отримує дані у власному кабінеті.



Рисунок 2.1– Вигляд веб-інтерфейсу системи при виконанні фото

Технологія виділяє ключові точки тіла з фотографій клієнта та створює тривимірну модель тіла так званий “3Д Аватар” . Виробник отримує вимірювання, які включають не тільки основні параметри, такі як обхват грудей, талії, стегон, але й більш специфічні дані, наприклад, довжину спини, ширину плечей, глибину пройми та інші важливі мірки для пошиття швейних виробів.

Одразу по завершенню дані зберігаються в веб-середовищі 3DLOOK. Доступ до даних має тільки підприємство через свій особистий кабінет, де воно може зберігати дані розмірних характеристик своїх клієнтів.

2.2 Перевірка якісних властивостей технології компанії 3DLOOK для створення тривимірної моделі тіла

В рамках дослідження було виконано зняття мірок через технологію “Mobile Tailor” самостійно та з допомогою помічника. Сам процес зайняв менше 5ти хвилин. Розмірні характеристики та цифровий образ фігури одразу надійшли в особистий кабінет та виглядали наступним чином (рис. 2.2)

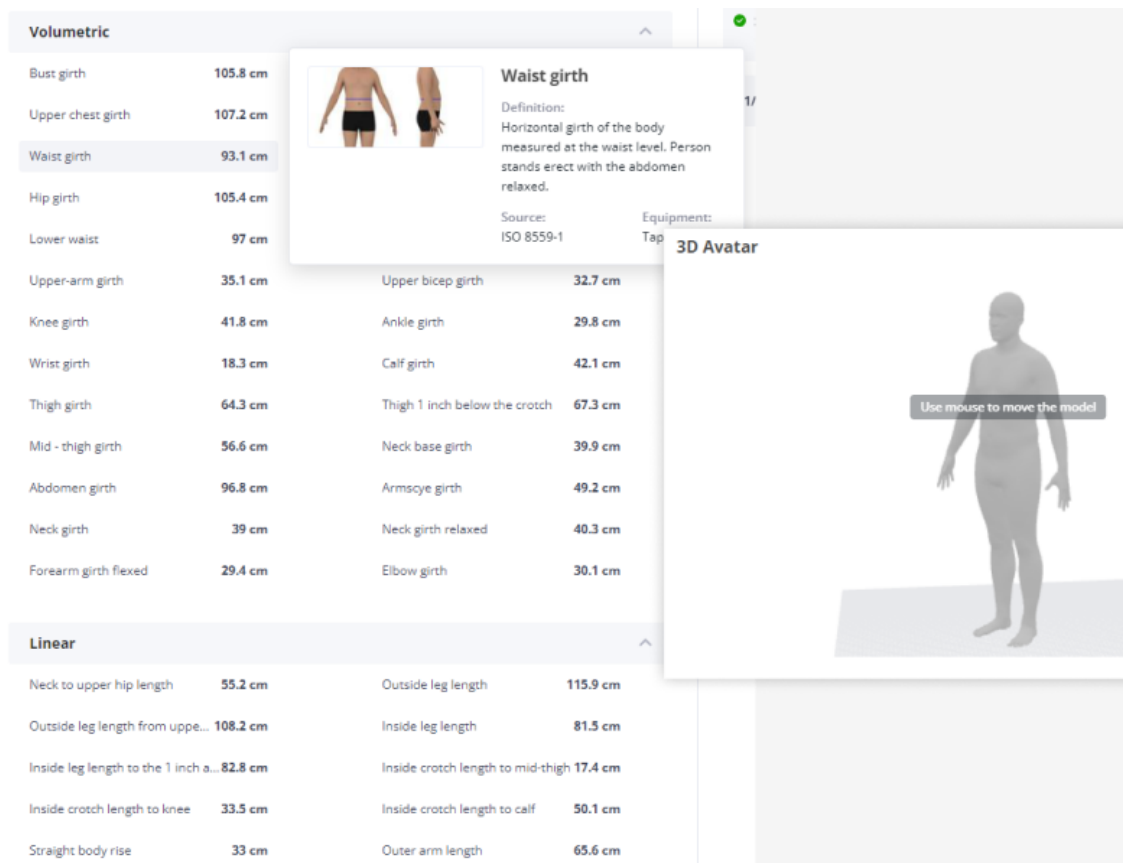


Рисунок 2.2 – Розмірні характеристики та цифровий образ фігури отримані через технологію “Mobile Tailor”

Для перевірки отриманих результатів були обрані важливі обхвати і довжини та виконано зняття мірок класичним методом з використанням сантиметру. Вимірювання сантиметром виконувались таким самим методом як проілюстровано в інтерфейсі системи “Mobile Tailor” (рис 2.3). Отримані розмірні характеристики були занесені до таблиці 2.1.

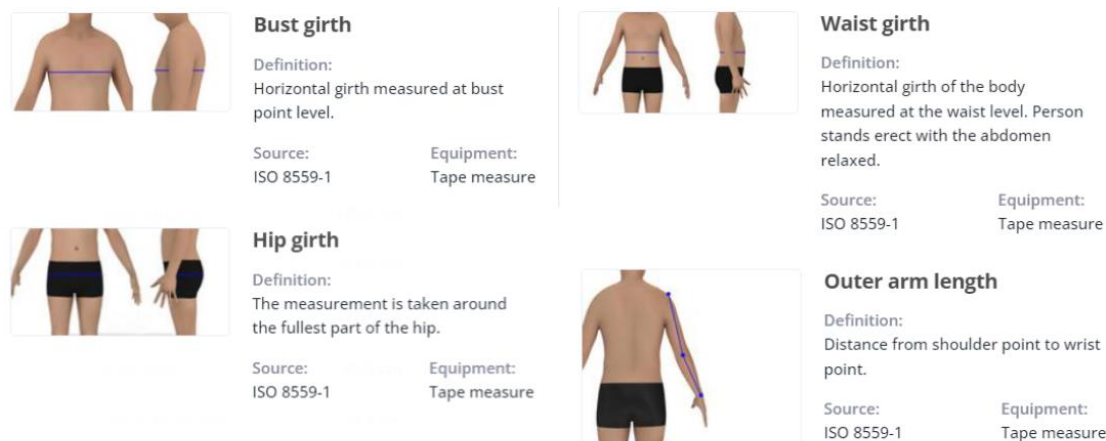


Рисунок 2.3 – Приклад ілюстрацій методу вимірювання сантиметром в системі “Mobile Tailor”

Таблиця 2.1

Результати зняття чоловічих мірок через систему “Mobile Tailor” та класичним методом з використанням сантиметру

№ мірки	Найменування обраних мірок для перевірки	Результати з допомогою виконати фото см.	Результати з самостійним виконанням фото см.	Результати зняття мірок сантиметром см.
1	Обхват грудей	104,8	106,1	106
2	Обхват талії	92,2	93,1	94
3	Обхват стегон	105,1	106	106
4	Обхват шиї	38,5	39	39
5	Довжина руки	65	66,2	68
6	Довжина плеча	23,1	23,8	24
7	Довжина брюк	107,9	109	110

Результати показали, що виміри, отримані за допомогою системи “Mobile Tailor”, мали відхилення від 0,5 см до 1.3 см, а в порівнянні з традиційним

методом зняття мірок до 3 сантиметрів. Примітно, що для більшості вимірів розбіжності були мінімальними, в межах 1см. Однак значна розбіжність спостерігалася при вимірюванні довжини руки, де сантиметровий вимір був на 3 см довшим, ніж отриманий за допомогою системи Mobile Tailor.

Висновки до розділу 2

Система “Mobile Tailor” компанії “3DLOOK” демонструє непоганий ступінь точності вимірювання тіла з незначними відхиленнями від традиційних вимірювань сантиметровою стрічкою. Ці результати свідчать про те, що система “Mobile Tailor” є робочим інструментом для отримання вимірів тіла, особливо враховуючи простоту і зручність, які вона пропонує. Незначні розбіжності, що спостерігалися, особливо при вимірюванні довжини рук, можна пояснити різницею в підходах клієнта до виконання фото. Слідє розуміти, що точність вимірювань може залежати від якості камери мобільного пристрою, фону на якому виконується фото, освітленості приміщення та одягнутого одягу. Низька роздільна здатність або погане освітлення можуть вплинути на точність сканування.

На основі отриманих даних виробник може виготовляти одяг на замовлення та пропонувати клієнтам унікальні моделі, які будуть оптимально підходити під їхні індивідуальні параметри та вподобання, але потрібно враховувати, що деякі вимірювання можуть мати відхилення, і якщо виріб, що проектується, вимагає дуже точних показників, потрібно звертати на це увагу. Отримані дані, можуть бути легко інтегровані з іншими системами САПР, що дозволяє автоматизувати процес проектування та моделювання одягу.

Система 3DLOOK є прогресивним рішенням для отримання цифрового образу фігури, яке вносить значний вклад у персоналізацію виробництва одягу. Вона дозволяє з високою точністю вимірювати параметри тіла за допомогою фотографій, зроблених мобільним пристроєм, тим самим спрощуючи процес замовлення індивідуально адаптованого одягу. Проте, необхідно враховувати потенційні обмеження, такі як залежність від якості камери користувача, можливі

помилки у визначенні постави та пропорцій тіла, а також питання конфіденційності даних. Окрім того, існує ризик неправильного використання системи без належного інструктажу, що може призвести до помилок у вимірюваннях. Враховуючи ці аспекти, 3DLOOK вимагає подальшого вдосконалення та адаптації до різноманітних умов використання, щоб повною мірою реалізувати свій потенціал у сфері кастомізованого виробництва одягу.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ АСОРТИМЕНТНИХ ПРОМИСЛОВИХ КОЛЕКЦІЙ

У розробці асортиментних серій можна застосовувати два принципи проектування. Перший принцип полягає у розробці конструктивно-уніфікованих рядів на основі однієї типової базової конструкції. Зміни варіантів конструкції досягаються звичайними методами конструктивного моделювання. Другий метод включає принцип агрегування, і різноманіття моделей досягається комбінацією обмеженої кількості варіантів основних уніфікованих деталей разом з конструктивно-декоративними елементами.

У проектуванні асортиментних промислових колекцій чоловічого костюму часто виходять з типових конструкцій деталей спинки, переду, бічної частини, рукава чоловічого піджака і деталей штанів. Для чоловічого костюма відповідність модним тенденціям виражається у силуетній формі, розмірі додавань за основними конструктивними рівнями, формі відльоту коміра і лацкана, рівні положення першої петлі, типі застібки і формі борта. Модну форму, яка буде популярною в наступному сезоні або цікавою споживачам, можна виділити кількома способами: аналізом моделей-аналогів на ринку, проведенням маркетингових досліджень для вивчення переваг споживачів та використанням інтелектуальних технологій для вивчення модних тенденцій, а потім виділенням модного силуету і конструктивно-декоративних елементів чоловічого костюму. У роботі запропоновано та доведено гіпотезу про можливість використання згорткової нейронної мережі для вивчення модних тенденцій і подальшого виділення актуальної модної форми чоловічого костюму та модних конструктивно-декоративних елементів.

3.1 База даних модельних особливостей чоловічого одягу для навчання нейронної мережі

Базу даних для модельних особливостей чоловічого одягу (піджака), призначену для навчання нейронної мережі, було розроблено на основі Google Sheets, що забезпечує систему зберігання та редагування даних (розширення, оновлення, видалення інформації), необхідних для навчання нейронної мережі (розпізнавання конструктивних елементів на зображенні).

При створенні бази даних "Модельні особливості чоловічого одягу (піджак)" були виконані наступні кроки:

- теоретичний аналіз та визначення значущих джерел даних для відбору зображень у базу даних;
- розробка системи позначення класів модельних особливостей чоловічого піджака;
- розробка структури бази даних для зберігання та використання інформації (рис. 3.1);

формулювання вимог до зображень, що включаються до бази даних з позицій придатності для навчання нейронної мережі.

Теоретичний аналіз та вибір значущих джерел даних базується на використанні доступних ресурсів, які містять значну кількість зображень чоловічих піджаків. Виділено три підходи..

Формування типової бази даних (БД), яка відповідає або передбачає модні тенденції і сучасні тренди. Глибина вибору зображень становить 1-2 роки. Зображення для аналізу модельних особливостей чоловічого одягу (піджака) збираються з відкритих онлайн-ресурсів.

Формування типової БД з урахуванням змінності модних тенденцій і хронологічної повторюваності. Глибина вибору зображень становить 10-15 або 25-30 років. Тимчасовий період може бути уточнений з урахуванням виділених історичних періодів або трендів.

Формування типової БД на основі даних підприємства - зображення відбираються з каталогів підприємства та інформації про розроблені в експериментальному цеху моделі, в разі наявності бази дійсно працюючих конструктивних рішень, але потрібно оновити модні силуети та конструктивно-декоративні особливості. Також часовий період слід визначити з огляду на оновлення або збереження модних форм.

Структура бази даних "Модельні особливості чоловічого одягу (піджак)" подана на рисунку 3.1.

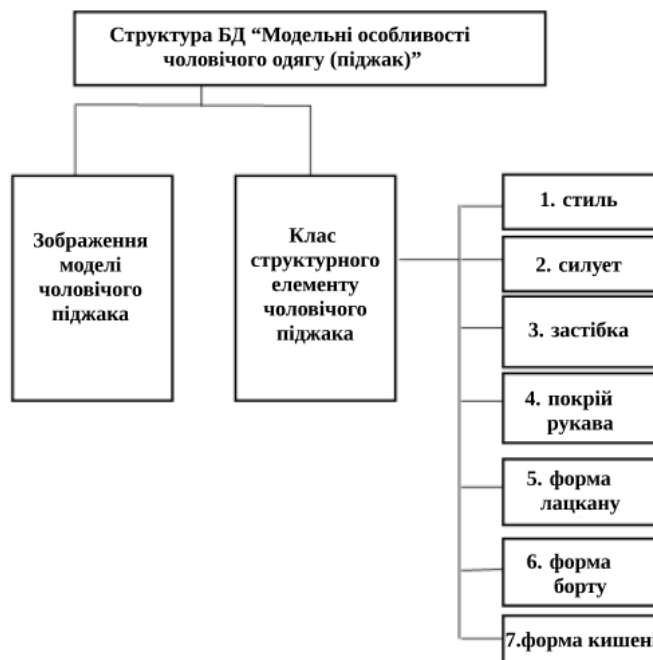


Рисунок 3.1 – Структура бази даних “Модельні особливості чоловічого одягу (піджак)”

База даних містить зображення виробу та перелік виділених на зображенні конструктивно-декоративних елементів, які позначені класом і підкласом. Така систематизація дозволяє використовувати нейронні мережі для автоматизації визначення класу і підкласу шляхом послідовного навчання мережі.

Формування номера класу модельних особливостей чоловічого піджака

Номер і найменування класу структурного елемента чоловічого піджака								
Номер та найменування підкласа		1	2	3	4	5	6	7
	1	стиль	силует	застібка	покрій рукава	форма лацкана	форма борта	форма кишені
	1	1.1 класичний	2.1 прямий	3.1 центральна	4.1 втачний	5.1 прямий	6.1 прямий	7.1 накладна
	2	1.2 романтичний	2.2 прилягаючий	3.2 зміщена	4.2 реглан	5.2 гострий кут	6.2 заокруглений	7.2 листочка
	3	1.3 спортивний	2.3 полуприлягаючий	3.3 асиметрична	4.3 цільнокроєний	5.3 заокруглений		7.3 клапан
4				4.4 комбінований	5.4 тупий кут		7.4 в рамку	

Система позначення класів модельних особливостей чоловічого піджака представлена в таблиці 3.1. Кожному класу призначено числове позначення, як перетин відповідних рядків і стовпців. Виділені наступні основні групи: стиль (1), силует (2), крій рукава (3), форма лацкана (4), форма борта (5), форма кишені (6), застібка (7). В межах кожної групи передбачені підгрупи, також позначені числами.


Зображення моделі чоловічого піджаку	Номер і найменування класу структурного елемента чоловічого піджака							
		1	2	3	4	5	6	7
	1	стиль	силует	застібка	покрій рукава	форма лацкана	форма борта	форма кишені
	1	1.1 класичний	2.1 прямий	3.1 центральна	4.1 втачний	5.1 прямий	6.1 прямий	7.1 накладна
	2	1.2 романтичний	2.2 прилягаючий	3.2 зміщена	4.2 реглан	5.2 гострий кут	6.2 заокруглений	7.2 листочка
3	1.3 спортивний	2.3 полуприлягаючий	3.3 асиметрична	4.3 цільнокроєний	5.3 заокруглений		7.3 клапан	
4				4.4 комбінований	5.4 тупий кут		7.4 в рамку	
		1.1 класичний	2.1 прямий	3.1 центральна	4.1 втачний	5.1 прямий	6.2 заокруглений	7.4 в рамку

Рисунок 3.2 – Макет бази даних “Модельні особливості чоловічого піджаку”

Основна мета бази даних “Модельні особливості чоловічого одягу (піджак)” - це навчання нейронної мережі, зокрема, розпізнавання конструктивних елементів на зображенні. Розроблена база даних має надати можливість навчання нейронної мережі розпізнавати за одним зображенням клас різних структурних елементів, таких як стиль, силует, крій рукава, форма лацкана, форма борта, форма кишені, застібка.

3.2 Метод виділення модних конструктивно-декоративних елементів і зовнішньої форми чоловічого костюма на основі навчання нейронної мережі

На сьогоднішній день, дизайн промислових лінійок одягу може адаптуватися до побажань клієнтів, відслідковувати актуальні модні напрямки, зміни у виборі стилів, форм і кольорової палітри. Також існує опція індивідуалізації моделей згідно з модними тенденціями, що стало можливим завдяки застосуванню нейронних мереж та штучного інтелекту. Важливим аспектом є здатність програмного забезпечення аналізувати, відстежувати необхідні параметри, оцінювати точність, а при потребі, адаптуватися, тому вкрай потрібен підхід до контрольованого навчання (supervised learning) або до поєднання самонавчання з керованим навчанням (assisted learning). Отже, стоїть завдання розробки технологій для визначення модних форм в промислових серіях одягу, що враховують рекомендації штучного інтелекту.

Підбір конкретного виду нейромережі відіграє ключову роль. За світовим досвідом, було створено численні проекти з різноманітною складністю та у різних сферах ринку. Спираючись на аналіз цих проектів, описаний у розділі 1 (п.1.4), для визначення модних тенденцій на фотографіях було запропоновано обрати згорткові нейронні мережі (CNN). Якщо застосовувати стандартні нейромережі, то лише для першого шару потрібно було б понад 630 тисяч вхідних нейронів, що призвело б до значного збільшення кількості параметрів у глибинних шарах. Це вимагало б значних обчислювальних ресурсів, що не завжди доступні без

використання суперкомп'ютерів, тому звичайну нейромережу довелося б надмірно спрощувати, що могло б погіршити точність результатів.

У CNN перші шари зазвичай спеціалізуються на згортанні, використовуючи фільтри для обробки пікселів. Кожен фільтр перетворює блок пікселів попереднього шару в один або декілька пікселів наступного шару, множачи значення пікселів на відповідні елементи фільтра та сумуючи їх. Це дозволяє отримувати різноманітні візуальні ефекти. Відмінність фільтрів від традиційних нейронів полягає в тому, що під час навчання CNN змінюються не вага нейронів, а числові значення фільтрів. Таке налаштування фільтрів і є процесом навчання згорткової мережі. Використовуючи спеціальні шари для об'єднання та згладжування, можна маніпулювати розмірами та параметрами фільтрів, дозволяючи мережі ідентифікувати характерні особливості з навчального набору даних. На певному етапі, фільтри перетворюються на числові значення, і мережа починає працювати як звичайна нейромережа, використовуючи алгоритми штучного інтелекту для класифікації образів, наприклад, у задачах класифікації на кілька класів.

Класифікація об'єктів здійснюється за допомогою призначення номеру кожному класу. Щоб навчити нейронну мережу розпізнавати об'єкти, необхідні для аналізу, потрібно провести їх маркування. Маркування полягає у визначенні прямокутника, який охоплює об'єкт на зображенні, та класу, до якого цей об'єкт належить. На одному зображенні може бути розміщено декілька об'єктів різних класів. Для кожного зображення створюється супутній файл (мітка), який містить інформацію про геометрію та класи об'єктів. Наприклад, на виді спереду можна виділити два класи, пов'язані з кроєм рукава під номером 4.1; два класи, пов'язані з формою лацканів під номером 5.1; два класи — до наявності кишень під номером 7.1; один клас силуету під номером 2.3; один клас застібки під номером 3.1(рис. 3.3).

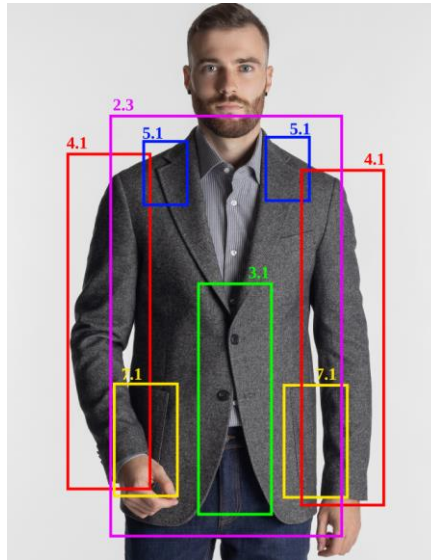


Рисунок 3.3 – Виділення класів на зображенні

Навчання нейронної мережі починається з того, що мережа "дивиться" через рамку, яка обмежує конструктивний структурний елемент, позначений номером класу. Вона фіксує, наприклад, горизонтальну лінію, яка вказує на проріzną кишеню, або плавну лінію форми борта що вказує на заокругленні борта. Варто пам'ятати, що під час навчання на кожній ітерації мережа перераховує фільтри, отримуючи нові примітивні графічні елементи (рис. 3.4).

Запропонований метод навчання нейронної мережі

1. На вхідні нейрони подаються числа з набору навчальних даних
2. Прямий алгоритм (forward) проходить по мережі та перераховує ваги
3. Доходить останнього рівня та обчислює величину помилки (розбіжність)
4. Потім зворотний (backward) алгоритм, рухаючись назад по мережі, коригує «ваги»внутрішніх нейронів
5. Вага коригується з метою зниження величини помилки

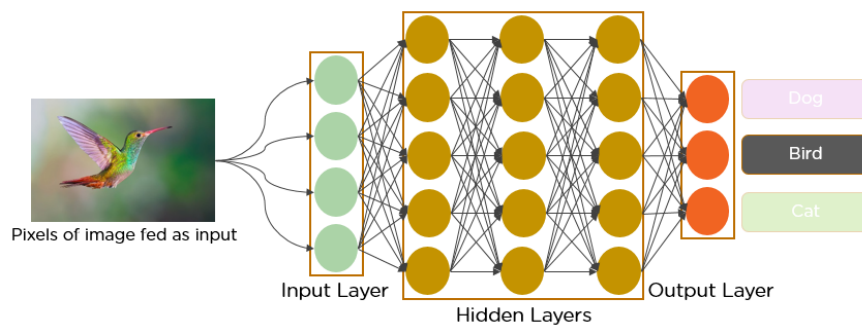


Рисунок 3.4 – Послідовність навчання нейронної мережі

При цьому виявляються тонкі кореляції та взаємозв'язки між цими графічними елементами. Процес навчання нейронної мережі можна описати наступним чином. На вхідні нейрони мережі подаються числові значення. Запускається робота алгоритму прямого поширення (forward propagation algorithm). На проміжних рівнях активізуються функції, фільтри та інші дії, які були "навчені" мережею на попередніх даних. У момент, коли мережа доходить до кінцевого шару, вона порівнює свій отриманий результат з правильним результатом з навчальної вибірки. Після цього визначається помилка (розбіжність) з правильним результатом. Далі відбувається зворотний прохід по мережі. У цей час працює алгоритм зворотного поширення (back propagation algorithm), який йде по мережі в зворотному напрямку та перераховує ваги, які пов'язані з нейронами в вузлах внутрішніх шарів нейронів. Ваги перераховуються таким чином, щоб зменшити величину розбіжності ("помилку"), зафіксовану на прямому проході. Після чого надається наступна навчальна група даних.

Стратифікація даних є ключовим чинником, що впливає на ефективність навчання та розпізнавання, і залежить від кількості фотоматеріалів одного класу в навчальній вибірці. Якщо використовувати всі дані без аналізу, то окремі типи класів можуть значно перевищувати інші за кількістю, і мережа отримує для навчання незбалансований набір даних. Наприклад, на одному фото піджака можна спостерігати наявність лише однієї застібки, але водночас двох кишень, двох лацканів та двох рукавів. Питання багаторазового визначення одного й того ж виду конструктивного структурного елемента вирішується за допомогою показника впевненості та геометрії розташування елемента на фото. З усіх об'єктів, спрямованих на "зону" цього елемента, відзначається той, у якому мережа найбільш впевнена, решта ігноруються нею.

У кожного файлу з блоком даних зображень моделей одягу має міститися інформація про сезон, у якому були представлені моделі одягу, що містяться у файлі (часовий маркер). Цей маркер дозволить нейронній мережі формувати хронологічну послідовність змін конструктивних елементів, які вона розпізнає. Таким чином, після навчання нейронна мережа в автоматизованому режимі зможе

визначати номер класу для кожного конструктивного елемента, визначати їх кількість, що буде сприяти формуванню даних.

Отримані дані актуальних базових форм та конструктивно-декоративних структурних елементів виробів майбутніх сезонів дає підставу для їх рекомендації покупцеві при створенні ним індивідуалізованого швейного виробу в системі автоматизованого проектування.

3.3 Дослідження алгоритму автоматизованого агрегування структурних і візуальних елементів швейних виробів для отримання нових моделей одягу

Процес кастомізації може здійснюватися як покупцями, що не мають спеціалізованої освіти в галузі швейного виробництва, так і користувачами з відповідною освітою (дизайнери, модельєри, конструктори, технологи швейного виробництва). За типом виробу можна виділити плечові та поясні швейні вироби (сезони – зима, літо, демісезонний асортимент). Під час проектування швейного виробу будь-який структурний елемент одягу (деталь швейного виробу, колірне рішення, наявність принту на матеріалі швейного виробу чи присутність декоративно-художнього елемента в одязі) може відповідати певному стильовому рішенню, наприклад класичному, спортивному чи романтичному.

Процес персоналізації одягу може торкатися одного або декількох структурних конструктивних елементів швейного виробу. До них належать такі деталі, як перед, спинка, бічна частина, рукав, комірець, кишень, пояс, передня та задня половинки штанів тощо. Залежно від вибору матеріалу та художньо-кольорового рішення для майбутньої моделі одягу формується естетичне сприйняття образу споживача-проектувальника або потенційного клієнта.

Ключовим елементом у системі автоматизованого проектування швейних виробів є база даних структурних та візуальних елементів моделей одягу. База даних має містити візуальну та метричну характеристику конструктивних параметрів плечового та поясного одягу для можливості їх адаптації та

модифікації відповідно до вимог споживачів у виборі форми, розмірів та наявності в виробах конструктивно-декоративних елементів. Використовуючи базу даних, споживач, шляхом поєднання конструктивно-декоративних елементів у довільному порядку, формує індивідуальний виріб, що дозволяє підприємству виготовляти вироби на індивідуальне замовлення в умовах промислового виробництва, виконувати автоматизоване проектування асортиментних промислових колекцій, визначати план випуску виробів, склад промислових колекцій та забезпечувати зростання рівня продажів швейної продукції.

3.4 Критерії автоматизованого відбору бажаних моделей швейних виробів

Щоб отримати бажану модель швейного виробу, яка максимально задовольняла б вимогам клієнта, необхідно мати відповідну систему критеріїв відбору моделей. Ця можливість програми дозволить споживачеві, який не має спеціальної освіти в галузі моди та дизайну одягу, спроектувати модель швейного виробу, яка буде гармонійною, пропорційною, унікальною та відповідатиме напрямку моди. В основі цієї системи лежить кодування візуальних та структурних елементів швейних виробів, що визначатиме відповідність модним тенденціям різних рівнів з урахуванням територіальних особливостей, соціальних та особистісних факторів, що формують потреби споживача. Критерії автоматизованого відбору поділяються на дві групи: структурно-технологічні та критерії особистісної відповідності.

До першої групи належать такі: *модні тенденції, розмір одягу, особливості фігури, можливість виготовлення швейного виробу*. Критерій "модні тенденції" може мати чотири категорії територіального охоплення аналізованих даних: *світові* (тенденції, прийняті країнами-столицями моди), *національні* (модні тенденції окремо розглянутої країни), *регіональні* (тенденції, що враховують особливості регіону), *локальні* (тенденції, що враховують особливості окремих локацій). Кожна з категорій поділяється на часові періоди відносно поточних

модних тенденцій та прогнозованих (*короткострокові, середньострокові та довгострокові*). Для споживача, чиє бажання отримати бажану модель швейного виробу якомога швидше, будуть актуальні періоди – поточний, коротко- та середньостроковий. Для дизайнера, чиє бажання спроектувати модель на майбутній сезон, будуть бажані періоди – середньо- та довгостроковий.

Залежно від асортиментної групи та виду проєктованого швейного виробу може формуватися перелік структурних елементів та художньо-колеристичного рішення (об'єкти оцінки), у кожному з яких відповідні варіанти виконання (база структурних елементів та художньо-колеристичних варіантів). Варто відзначити, що при виборі одного або декількох варіантів структурного елемента швейного виробу або матеріалів для майбутньої моделі можуть бути виключені деякі варіанти наступних структурних елементів та матеріалів через технологічну, конструкторську або матеріалознавчу невідповідність. Критерії "Антропометричні дані" та "Особливості фігури" можуть проводити відбір підходящих варіантів структурних елементів виробу та готових моделей відносно обраного розміру, зросту, типу фігури, типу постави, а також визначить відповідний типовий аватар для фінальної віртуальної примірки обраних моделей.

Група критеріїв особистісної відповідності може включати наступні: *особисті дані, призначення виробу, вартість виробу, типологія особистості клієнта, образ життя*. Перед початком роботи у програмі клієнту пропонується заповнити наступні дані: вік, стать, національність, сімейний стан, наявність дітей, сфера діяльності.

Такий критерій як "Особисті дані" формуватиме перелік рекомендованих моделей одягу з загальної кількості "зібраних" моделей, а також відбір і виділення пріоритетних структурних елементів та матеріалів на етапі проєктування (збірки) моделі. Критерій "Призначення виробу" ранжує або відхиляє моделі виробів відповідно до обраних варіантів. Критерій "Вартість виробу" формує готові моделі за цінovими групами залежно від конструкції отриманого виробу, технологічної обробки вузлів виробу, кількості та якості обраного матеріалу для

виготовлення моделі. Критерій "Типологія особистості клієнта" дозволяє виділити моделі виробів, які можуть зацікавити клієнта та скоригувати його вибір.

Критерій "Спосіб життя" дозволить виділити моделі виробів, які можуть зацікавити клієнта та скоригувати його вибір залежно від його способу життя. Критерій має включати такі категорії: заняття спортом, фізична активність протягом дня, наявність автомобіля, захоплення. Критерій "Характеристики швейного виробу" формуватиме уявлення про ставлення клієнта до характеристик проєктованого виробу. В результаті програма відбере та запропонує на вибір користувачеві відповідні варіанти структурних елементів та матеріалів.

Програма автоматизованого проєктування має зберігати отримані дані клієнтів та формувати внутрішню статистику споживацьких переваг за кожною категорією критеріїв, а також за конкретним користувачем, що дозволить в подальшому грамотно побудувати систему відбору пріоритетних варіантів структурних та візуальних елементів швейного виробу.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі дипломної роботи було проведено глибоке дослідження методів автоматизованого проєктування в контексті масової кастомізації. Аналізуючи різні підходи до створення асортиментних промислових колекцій, було виявлено, що інтеграція сучасних технологій, таких як нейронні мережі, може значно підвищити ефективність проєктувальних процесів та задоволення потреб споживачів.

Розробка бази даних модельних особливостей чоловічого одягу та методик виділення модних конструктивно-декоративних елементів може дозволити створити алгоритм, який автоматизує агрегацію структурних і візуальних елементів для генерації нових моделей одягу. Це не тільки сприятиме інноваційності дизайну, але й відкриє можливості для персоналізації продукції відповідно до індивідуальних уподобань клієнтів.

Критерії автоматизованого відбору бажаних моделей виробів, розроблені в рамках дослідження, вказують на потенціал для оптимізації виробничих лінійок та зменшення витрат часу на проектування та підготовку виробництва. Завдяки цьому, підприємства зможуть швидше реагувати на зміни ринкових умов та модних тенденцій, забезпечуючи високий рівень задоволеності споживачів.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що впровадження автоматизованих систем проектування в промислове виробництво одягу відкриває нові перспективи для розвитку галузі, дозволяючи створювати високоякісний продукт, який відповідає індивідуальним запитам кожного клієнта.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі було проведено комплексне дослідження методу автоматизованого проектування промислових колекцій з урахуванням принципів кастомізації, яке охопило аналіз сучасного стану проблеми автоматизованого проектування швейних виробів в умовах масової кастомізації, дослідження системи отримання цифрового образу фігури та розробку методу автоматизованого проектування асортиментних промислових колекцій. Основна увага була приділена вивченню масової кастомізації як перспективного напрямку у розвитку промислового виробництва та розробці ефективних методів застосування нейронних мереж для прогнозування модних тенденцій і оптимізації процесів проектування швейних виробів.

Аналіз наявних способів реальної та віртуальної взаємодії споживачів і виробників одягу показав, що інтеграція цифрових технологій та індивідуальних підходів може значно підвищити ефективність виробництва та задоволеність споживачів. Це дозволило виявити конкретні переваги, такі як зменшення часу на проектування нових моделей та підготовку виробництва, а також можливості для персоналізованого моделювання та конструювання виробів.

Результати дослідження підтвердили гіпотезу про значний потенціал масової кастомізації в сучасному виробництві одягу, і вказали на можливості практичного застосування розроблених методів. Рекомендації, розроблені в рамках роботи, можуть бути використані для оптимізації процесів проектування та виробництва, а також для підвищення рівня індивідуалізації продукції.

Узагальнюючи проведене дослідження, можна зробити висновок, що дипломна робота вносить цінний вклад у розвиток методів автоматизованого проектування в швейній промисловості, відкриваючи нові горизонти для використання інтелектуальних технологій у дизайні та виробництві одягу. Перспективи подальших досліджень у цій області включають розробку нових інструментів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розвиток кастомізації продуктів моди у XXI столітті / О. М. Чухальова, М. І. Прасол, В. К. Хоменко, Н. В. Чупріна, О. В. Колосніченко // Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості : матеріали III Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Київ, 17 листопада 2022 року. – Т. 1. – Київ : КНУТД, 2022. – С. 271-280.;
2. Водзінська О. Апсайклінг у проектуванні колекції одягу / О. Водзінська, В. Паукова // Актуальні проблеми сучасного дизайну : збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 27 квітня 2023 року. – У 2-х т. – Т. 1. – Київ : КНУТД, 2023. – С. 256-258.;
3. Киричова М. С. Принципи масової кастомізації на прикладі колекції жіночого одягу / М. С. Киричова, Ю. О. Ведернікова; наук. кер. В. О. Мусієнко // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : тези доповідей XVII Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (26-27 квітня 2018 р., Київ). - Київ : КНУТД, 2018. - Т. 1 : Сучасні матеріали і технології виробництва виробів широкого вжитку та спеціального призначення. - С. 115-116.;
4. Лагода О. М. Масова кастомізація одягу як концепція індивідуалізації в сучасних дизайн-практиках / О. М. Лагода, В. В. Гурдіна, В. О. Пасічник // Art and Design. - 2021. - № 2 (14). - С. 129-140.;
5. Callan R. The Essence of Neural Networks (The Essence of Computing Series), 1998. — 291 с.;
6. Подгаєцький О.О. Еволюція розробок у галузі штучного інтелекту в Україні та світі / Дослідження з історії техніки – випуск 16 (2012) - 48 - 54с. / <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/7703/1/RHT-issue-16-title-05-Podgayetsky.pdf>;
7. Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation., 2006. — 1104 с.;
8. 3DLOOK <https://3dlook.ai/>
9. Asch A. 3DLook Pumps Up Digital Body Measuring Technology Andrew Asch November 12, 2020 Technology / <https://www.apparelnews.net/news/2020/nov/12/3dlook-pumps-digital-body-measuring-technology/>

10. Zhang M., Lin L., Pan Z. et al. Topology-independent 3D garment fitting for virtual clothing // *Multimedia Tools and Applications*. — 2015, № 74, pp. 3137– 3153;
11. Aghekyan M., Ulrich P., Connell L. Using body scans in assessing perceptions of body attractiveness and size: cross-cultural study // *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. - 2012, Vol.5, Is.2, No.7.- P.81-89;
12. Ahmad, S., Schroeder, R. G., & Mallick, D. N. (2010). The relationship among modularity, functional coordination, and mass customization Implications for competitiveness. *European Journal of Innovation Management*,13(1), 46–61;
13. Al-Halah Z., Stiefelhagen R., Grauman K. Fashion Forward: Forecasting Visual Style in Fashion // *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2017, pp. 388-397;
14. Apeageyi, P. R., & Otieno, R. (2007). Usability of pattern customising technology in the achievement and testing of fit for mass customisation. *Journal of Fashion Marketing and Management*,11(3), 349–365;
15. Au, C. K., & Ma, Y.-S. (2010). Garment pattern definition, development and application with associative feature approach. *Computers in Industry*,61(6), 524– 531;
16. Bednar, S., & Modrak, V. (2014). Mass customization and its impact on assembly process' complexity. *International Journal for Quality Research*,8(3), 417–430;
17. Bye E., McKinney E. Fit analysis using live and 3D scan models // *International Journal of Clothing Science and Technology*. - 2010, Vol.22, Is.2/3.- P.88-100;
18. Chase Richard B., Jacobs F. Robert, Aquilano Nicholas J. *Operations Management for Competitive Advantage*. - New York: McGraw-Hill/Irwin, 2016. – P. 43;
19. Chen M., Qin Y., Qi L., Sun Y. Improving Fashion Landmark Detection by Dual Attention Feature Enhancement // *2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW)*, 05 March 2020;
20. Chi Eun Kim, Hwa L. J. Trends of Big Data and Artificial Intelligence in the Fashion Industry // *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, Vol. 42, No. 1 (2018) pp.148-158;

21. Daanen H., & Hong, S.-A. (2008). Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20(1), pp. 15–25;
22. Fa'en Z., Chen W., Ze H. Clothing fashion trend prediction method and device based on deep learning // Microsoft Academic, 19 March 2020, pp. 37-46;
- Fiore, A. M., Lee, S.-E., & Kunz, G. (2003). Psychographic variables affecting willingness to use body-scanning. *Journal of Business and Management*, 9(3), pp. 271–287;
23. Fogliatto, F. S., Silveira, G. D., & Borenstein, Giri C. D. (2012). The mass customization decade: An updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, 138(1), pp. 14–25;
24. Gilmore, J.H., Pine, J.B. *The Four Faces of Mass Customization*, Harvard Business Review. January 1997, pp. 91-101;
25. Giri C., Thomassey S., Balkow J., Zeng X. Forecasting New Apparel Sales Using Deep Learning and Nonlinear Neural Network Regression // 2019 International Conference on Engineering, Science, and Industrial Applications (ICESI), 10 October 2019, pp. 112-119;
26. Guo S., Huang W., Zhang X., Srikhanta P., Cui Y., Li Y., Adam H., R. Scott M., Belongie S. The iMaterialist Fashion Attribute Dataset // 2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW), 05 March 2020, pp. 27-35;
27. Istook, C. L., & Hwang, S.-J. (2001). 3D body scanning systems with application to the apparel industry. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 5(2), pp. 120–132;
28. Jensen, K. A., Cox, J. J., & Showalter, B. L. (2007). Articulation of customizable biomechanical designs through assembly modeling. *Computer-Aided Design and Applications*, 4(1–4), pp. 363–373;
29. Jiang S., Li J., Fu Y. Deep Learning for Fashion Style Generation // *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems (Early Access)*, 26 February 2021, pp. 67-75;

30. Jing T, Jin Z, Ligang L, Zhigeng P, Hao Y (2012) Scanning 3D full human bodies using kinects. *IEEE Trans Vis Comput Graph* 18, pp. 643–650;
31. Kai Z., Feng J., Sutcliffe R., Xiaoyu W., Qirong B. Multi-depth Dilated Network for Fashion Landmark Detection // 2019 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW), 15 August 2019, pp. 115-120;
32. Kamis Arnold, Koufaris Marios, Stern Tziporah. Using an attribute-based DSS for user-customized products online: An experimental investigation // *MIS Quarterly*. – 2008. - №32(1), pp. 159–177;
33. Kaplan A.M., Haenlein M. Toward a parsimonious definition of traditional and electronic mass customization // *Journal of product innovation management*. – 2006. - №2, pp. 23-32;
34. Kayed M., Anter A., Mohamed H. Classification of Garments from Fashion MNIST Dataset Using CNN LeNet-5 Architecture // 2020 International Conference on Innovative Trends in Communication and Computer Engineering (ITCE), 26 March 2020, pp. 6-12;
35. Khajeh M., Payvandy P., Derakhshan S. J. Fashion set design with an emphasis on fabric composition using the interactive genetic algorithm // *Fashion and Textile*. — 2016, Vol. 3:8, pp. 1-16;
36. Kharfan M., Vicky Wing Kei Chan. A data-driven forecasting approach for newly launched seasonal products by leveraging machine-learning approaches // *Annals of Operations Research*, 15 June 2020, pp. 57-63;
37. Lee, H.H., and E. Chang. 2011. Consumer attitudes toward online mass customization: An application of extended technology acceptance model. *Journal of Computer-Mediated Communication* 16 (2), pp. 171–200;
38. Lee S., Oh S., Jung C., Kim C. A Global-Local Embedding Module for Fashion Landmark Detection // 2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW), 05 March 2020, pp. 123-134;
39. Li Chunxiao, Xu Ying, Xiao Yi, Liu Huimin, Feng Meiling, Zhang Dongliang. Automatic Measurement of Garment Sizes Using Image Recognition // *Association for Computing Machinery*. — 2017, pp. 30–34;

40. Li P., Li Y., Jiang X., Zhen X. Two-Stream Multi-Task Network for Fashion Recognition // 2019 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), August 2019, pp. 145-153;
41. Liu N., Chow P. & Zhao H. Challenges and critical successful factors for apparel mass customization operations: recent development and case study // Ann Oper Res. — 2020, № 291, pp. 531–563;
42. Li Y., Cao L., Zhu J., Luo J. Mining Fashion Outfit Composition Using an End-to-End Deep Learning Approach on Set Data // IEEE Transactions on Multimedia, Volume 19, Issue 8, 30 March 2017, pp. 1946 – 1955;
43. Adegeest D. A new AI tool enables personalised experiences in made-to-measure <https://fashionunited.com/news/fashion/a-new-ai-tool-enables-personalised-experiences-in-made-to-measure/2023083055605>
44. Loureiro A., Miguéis V.L., M. da Silva L.F. Exploring the use of deep neural networks for sales forecasting in fashion retail // Decision Support Systems, 10 August 2018, pp. 25-34;
45. Luximon, A., Goonetilleke, R. S., & Zhang, M. (2005). 3D foot shape generation from 2D information. Ergonomics,48(6), pp. 625–641;
46. Maciej Walczak. Models of the emergence and diffusion of mass customization // Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2014 №110, pp. 812 – 821;
47. Mall U., Matzen K., Hariharan B., Snavely N., Bala K. GeoStyle: Discovering Fashion Trends and Events // Cornell University, 29 Aug. 2019, pp. 47-58;
48. Maria L. Mpampa, Philip N. Azariadis, Nickolas S. Sapidis. A new methodology for the development of sizing systems for the mass customization of garments. International Journal of Clothing Science and Technology Volume 22 (1): 20 – Mar 2, 2010, pp. 67-75;
49. Ma Y., Ding Y., Xun Yang X., Lizi Liao L., Keung Wong W., Chua T.-S. Knowledge Enhanced Neural Fashion Trend Forecasting // National University of Singapore, 23 September 2020, pp. 78-86;
50. Meng YW, Mok PY, Jin XG (2010) Interactive virtual try-on clothing design system. Comput Aided Des 42, pp. 310–321;

51. Modraka, V., Martona, D., & Bednar, S. (2014). Modeling and determining product variety for mass-customized manufacturing. *Procedia CIRP*,23, pp. 258– 263;
52. Modraka, V., Soltysova, Z. (2018). Process modularity of mass customized manufacturing systems: Principles, measures and assessment. *Procedia CIRP*,67, pp. 36–40;
53. Nielsen, K. J., & Cox, J. J. (2008). Implementation of biomechanical mating conditions in CAD. *Computer-Aided Design and Applications*,5(1–4), pp. 338–353;
54. Poulin, M., & Montreu, B. (2013). Product modelling for simulating business networks offering mass customization. *IFAC Proceedings*,46(9), pp. 584–589;
55. Salhieh S. M. and Kamrani A. K., *Modular Design, Collaborative Engineering: Theory and Practice*, 2007, pp. 207-226;
56. Salvador, F., P.M. De Holan, and F. Piller. 2009. Cracking the code of mass customization. *MIT Sloan Management Review* 50 (3), pp. 71–78;
57. Satam, D., Liu, Y., & Lee, H. J. (2011). Intelligent design systems for apparel mass customization. *Journal of the Textile Institute Proceedings & Abstracts*,102(4), pp. 353–365;
58. Shajini, M., Ramanan, A. An improved landmark-driven and spatial-channel attentive convolutional neural network for fashion clothes classification. *Vis Comput* 37. — 2021, pp. 1517–1526;
59. Sohn Jae-Min, Lee Sojung, Kim Dong-Eun. An exploratory study of fit and size issues with mass customized men's jackets using 3D body scan and virtual tryon technology // *Textile Research Journal*. — 2020, Vol. 90, Issue 17-18, pp. 1906-1930;
60. Suginochi S., Kaiharaa T., Fujiiia N., Kokuryo D. A methodology on parts specification management with customer demands for Mass Customization // *Procedia CIRP*. — 2018, № 72, pp. 1184–1189;
61. Tao X., Chen X., Zeng X., Koehl L. A customized garment collaborative design process by using virtual reality and sensory evaluation on garment fit // *Computers & Industrial Engineering*. — 2018, № 115, pp. 683–695;

62. Wang, Z., Chen, L., Zhao, X., & Zhou, W. (2014). Modularity in building mass customization capability: The mediating effects of customization knowledge utilization and business process improvement. *Technovation*, 34(11), pp. 678–687;
63. Wang Z., Quan H. Fashion Outfit Composition Combining Sequential Learning and Deep Aesthetic Network // 2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 30 September 2019, pp. 21-30;
64. Xu Y., Thomassey S. & Zeng X. Optimization of garment sizing and cutting order planning in the context of mass customization // *Int J Adv Manuf Technol.* — 2020, № 106, pp. 3485–3503;
65. Yamamoto T., Nakazawa A. Fashion Style Recognition Using ComponentDependent Convolutional Neural Networks // 2019 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 26 August 2019, pp. 15-27;
66. Yanni Xu, Sebastien Thomassey and Xianyi Zeng. Garment mass customization methods for the cutting-related processes // *Textile Research.* — 2020, pp. 1–18;
67. Yan Y., Gupta S., Schoefer K. et al. A Review of E-mass Customization as a Branding Strategy // *Corp Reputation Rev.* — 2020, № 23, pp. 215–223;
68. Yildirim P., Birant D. The Relative Performance of Deep Learning and Ensemble Learning for Textile Object Classification // 2018 3rd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), 10 December 2018, pp. 1-11;
69. Ying Z., Li L., Xue X. Research on Collaborative Design Method for Apparel Mass Customization in the Internet Plus Era // *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences.* — 2016, № 4 (6), pp. 369–377;
70. Yoo J., Park M. The effects of e-mass customization on consumer perceived value, satisfaction, and loyalty toward luxury brands // *Journal of Business Research.* — 2016, Vol. 69 (12), pp. 5775–5784;
71. Zhang M., Guo H., Huo B., Zhao X., Huang J. Linking supply chain quality integration with mass customization and product modularity // *International Journal of Production Economics.* — 2019, Vol. 207, Issue C, pp. 227-235;
72. Пат. № WO2020167090 (A1) System for manufacturing customized gloves using scan data, and method for manufacturing customized gloves using same. / Yoon

Daeyoung; заявник: Yoon Daeyoung; заявл.: 15.02.2019; опубл.: 20.08.2020; МПК: A41D19/04; A41H1/02; A41H3/00; D04B7/34; D04B9/58; G06Q50/04; G06T17/20;

73. Пат. № CN105686117 (A) China Combined customized fashionable clothes. / Chen Chen; заявник: Beijing Liangnuorai Fashion Co LTD; заявл.: 23.03.2016; опубл.: 22.06.2016; МПК: A41D1/14; A41D27/00;

74. Пат. № CN111310253 (A) China Costume designing method and manufacturing method. / Wen Meiting; заявник: Jiangxi inst fashion technology; заявл.: 13.03.2020; опубл.: 19.06.2020; МПК: A41H3/00; G06F30/10;

75. Пат. № CN106539137 (A) China Customized colorspraying clothes. / Yao Miao; заявник: Xiangyang city xiangzhou distr no 6 middle school; заявл.: 18.09.2015; опубл.: 29.03.2017; МПК: A41D1/00; A41D27/08;

76. Пат. № CN111771223 (A) China Modularized garment manufacturing method for small batch production of garments of many kinds and modularized garment manufacturing system. / Park Youngcheon, Ahn Sung Hoon, Xu Eun Suk, Kim Sung Min, Kim Sung Chul, Zheng Woo Кyun; заявник: Koda Industrial Co., Ltd.; заявл.: 14.02.2018; опубл.: 13.10.2020; МПК: A41H3/00, G06Q50/04;

77. Пат. № CN110046957 (A) China Ordering system for customer-customized clothes. / Luo Keli; заявник: Zhuhai Kejin Information tech co LTD; заявл.: 20.03.2019; опубл.: 23.07.2019; МПК: G06Q30/02; G06Q30/06; G06Q50/04;

78. Пат. № JP2020144503 (A) Japan Clothing recommendation system, clothing recommendation method, and clothing recommendation program. / Yoshimura Atsushi, Kawamura Atsuko, Kishimoto Taizo; заявник: Wacoal Co., Ltd.; заявл.: 05.03.2019; опубл.: 10.09.2020; МПК: A41H1/02, A41H3/00, G06F16/906;

79. Пат. № JP2020512628 (A) JP Methods and systems for customized garment and outfit design generation. / Koh Chong Jin; заявник: Original Inc.; заявл.: 07.03.2017; опубл.: 23.04.2020; МПК: G06F16/9035; G06Q50/10;

80. Пат. № KR20200057225 (A) Korea Automatic clothes customized system. / Park Cheong Bin; Yoon Jea Wook; Park So Eun; Kim Shin Hyuck; заявник: Park Cheong Bin; Park So Eun; Kim Shin Hyuck; Yoon Jea Wook; заявл.: 16.11.2018; опубл.: 26.05.2020; МПК: G06Q30/06;

81. Пат. № KR101672299 (B1) Korea Automatic customized service system and method of Clothes pattern and Customized clothes manufactured by using this method. / Lee Jeong Gu; заявник: Lee Jeong Gu; заявл.: 22.02.2016; опубл.: 03.11.2016; МПК: A41H1/02; A41H3/00; G06Q50/04; H04N1/04;
82. Пат. № KR102100223 (B1) Korea Client-customized underweare production system. / Yeom Jang Yul; заявник: Yeom Jang Yul; заявл.: 11.11.2019; опубл.: 13.04.2020; МПК: A41H1/02; A41H3/00; G06F30/00; G06Q30/02; G06Q30/06; G06Q50/04; H04M1/725;
83. Пат. № KR20200109755 (A) Korea Clothing production service platform system. / Choi Bo Gu; заявник: Choi Bo Gu; заявл.: 14.03.2019; опубл.: 23.09.2020; МПК: A41H3/00, G06Q30/06, G06Q50/04;
84. Пат. № KR20180106393 (A) Korea Simulation method for customized clothes color. / Lee You Me; заявник: Lee You Me; заявл.: 20.03.2017; опубл.: 07.01.2019; МПК: G06Q30/02; G06Q30/06; G06Q50/10; G06T13/40;
85. Пат. № KR20200117786 (A) Korea Wearable and Body Feature based Customized Clothes recommendation system. / Huunsan Kim; заявник: Huunsan Kim; заявл.: 05.04.2019; опубл.: 14.10.2020; МПК: G06F40/00; G06Q30/02; G06Q30/06;
86. Пат. № US2018049498 (A1) US Methods and systems for customized garment design generation. / Koh Chong Jin; заявник: Original Inc.; заявл.: 25.04.2016; опубл.: 22.02.2018; МПК: A41H3/00; G05B19/4097; G06F17/50;
87. Пат. № US2020375293 (A1) USA Methods and systems for customized garment and outfit design generation. / Koh Chong Jin; заявник: Original Inc.; заявл.: 07.03.2017; опубл.: 03.12.2020; МПК: A41H3/00, G01B11/02, G05B19/4097;
88. Пат. № US2017303616 (A1) US Methods of Determining Measurements for Custom Clothing Manufacture. / Koh Chong Jin; заявник: Original Inc.; заявл.: 25.04.2016; опубл.: 26.10.2017; МПК: A41H1/00;
89. Пат. № US2020178633 (A1) USA Shadow Neutral 3-D Garment Rendering. / Bell Benjamin, Schultz Jennifer, Schultz Christopher, Mahanty Debdulal, Sights 187 James Barton; заявник: Strauss Levi & Co; заявл.: 30.11.2018; опубл.: 11.06.2020; МПК: A41H3/00; G06F30/10;

90. Пат. № WO2018165239 (A1) WO Methods and systems for customized garment and outfit design generation. / Koh Chong Jin; заявник: Original Inc.; заявл.: 07.03.2017; опубл.: 13.09.2018; МПК: G06F17/30;
91. Пат. № WO2020141800 (A1) Method, server, and program for measuring body size and recommending clothing size by using image. / Yang Jaemin; заявник: MIZ CO LTD; заявл.: 03.01.2019; опубл.: 09.07.2020; МПК: A41H1/02; A41H3/00; G06Q30/02; G06Q50/04;
92. Пат. № CN105956910 (A) China Clothes customized method, image shooting device and control system. / Xu Guoxiong; Yu Yuqin; Jin Yuliang; заявник: Moonsmimi (Beijing) CO LTD; заявл.: 19.05.2016; опубл.: 21.09.2016; МПК: G06K9/00; G06Q30/06;
93. YouGovAmerica URL: <https://today.yougov.com/>.
94. Burberry URL: <https://uk.burberry.com/>;
95. Emarketer URL: <https://www.emarketer.com/>;
96. Forbes URL: <https://www.Forbes.com/>;
97. Gucci URL: <https://www.gucci.com/int/>;
98. Hockerty URL: <https://www.hockerty.com/>;
99. L'Officiel URL: <https://officiel-online.com/>;
100. The Business of Fashion URL: <https://www.businessoffashion.com/>;
101. Vogue UA URL: <https://vogue.ua/>;