

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИЗКУСТВЕНИЯ ИНТЕЛЕКТ ЗА РАЗВИТИЕ НА УСТОЙЧИВА МОДНА ИНДУСТРИЯ

Капка Йорданова Манасиева

Варненски свободен университет "Черноризец Храбър"

kapka.manasieva@vfu.bg

Резюме:

В началото на XXI век дигитализацията и изкуственият интелект (ИИ) се утвърждават като определящи фактори за трансформацията на модната индустрия. Статията изследва ролята на ИИ в прогнозирането на модни тенденции, оптимизирането на логистичните вериги и внедряването на устойчиви бизнес модели. Анализират се възможностите за намаляване на отпадъците чрез прецизно планиране и 3D моделиране, както и етичните предизвикателства пред човешката работна сила. Изследването акцентира върху прехода от аналитични към генеративни модели на ИИ и тяхното влияние върху кръговата икономика.

Ключови думи: *Изкуствен интелект, устойчива мода, дигитализация, кръгова икономика, прогнозиране на тенденции, 3D моделиране, Логистика 4.0.*

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE FASHION INDUSTRY

Kapka Yordanova Manasieva

Varna Free University "Chernorizets Hrabar", Department of Art

kapka.manasieva@vfu.bg

Abstract

At the beginning of the 21st century, digitalization and Artificial Intelligence (AI) have established themselves as defining factors in the transformation of the fashion industry. This paper explores the role of AI in forecasting fashion trends, optimizing logistics chains, and implementing sustainable business models. It analyzes the opportunities for waste reduction through precision planning and 3D modeling, while also addressing the ethical challenges posed to the human workforce. The study emphasizes the shift from analytical to generative AI models and their impact on the circular economy.

Keywords: *Artificial Intelligence, Sustainable Fashion, Digitalization, Circular Economy, Trend Forecasting, 3D Modeling, Logistics 4.0.*

Въведение

Създаването и производството на текстил и облекло в съвременните глобални условия изисква радикално нови и иновативни подходи. Модната индустрия, традиционно считана за една от най-ресурсоемките, днес е изправена пред необходимостта от бърза адаптация към нарастващите изисквания за хиперперсонализация и технологична обезпеченост. Основният императив пред сектора, заложен в **Стратегията на ЕС за устойчиви и кръгови текстилни изделия (2022)**, е преходът към модели с нисък въглероден отпечатък и минимални производствени отпадъци. [1]

В този контекст, Изкуственият интелект (ИИ) и роботиката вече не са просто технологични инструменти, а интегрална част от новата индустриална парадигма. Според изследвания на **Bertola & Teunissen** [2], дигиталната трансформация променя самата култура на дизайна, предоставяйки възможности за развитие на конкурентоспособни бизнес модели в условията на глобална дигитализация. ИИ позволява на компаниите да балансират между икономическата ефективност и императивите на кръговата икономика, превръщайки устойчивостта в измерим и управляем актив.

1. Технологични тенденции и дигитализация

Дигитализацията в модния сектор не е изолиран процес, а всеобхватна трансформация, която пренаписва правилата на всеки етап от логистичната верига. В научната литература този процес често се описва като преход от „линейни“ към „дигитални вериги на стойността“ [3], което позволява на компаниите да заменят реактивните стратегии с проактивни такива. Внедряването на технологии за големи данни (Big Data) и изкуствен интелект променя фундаментално начина, по който информацията протича между участниците в индустрията.

Процесите, подлежащи на пълна цифрова

трансформация, се дефинират в три основни направления:

- **Проектиране и снабдяване:** Използване на алгоритми за прогнозен анализ при подбора на устойчиви суровини и софтуерни решения за оценка на екологичния отпечатък (LCA) още в идейна фаза.

- **Оперативно управление:** Този етап обхваща интелигентното планиране на търсенето (Demand Planning), което според докладите на **McKinsey & Company** [4] е критично за избягване на свръхпроизводството – един от най-големите замърсители в модата. Роботизираните системи осигуряват прецизност и минимизиране на производствения брак.

- **Клиентски опит и следпродажбен сервиз (Downstream processes):** ИИ персонализира потребителското преживяване и управлява жизнения цикъл на продукта чрез системи за обратна връзка и проследимост, подпомагайки моделите „мода като услуга“ (Fashion-as-a-Service).

За да бъде дигитализацията ефективна и в съответствие с концепцията за **Индустрия 4.0**, тя се опира на три фундаментални стълба:

- **Логистика 4.0:** Интегриране на Интернет на нещата (IoT) и кибер-физични системи. Както посочват **Nayyar & Kumar** [5], тези технологии позволяват на машините и продуктите да „комуникират“, оптимизирайки транспортните потоци и намалявайки енергийните разходи.

- **Пълна проследимост:** Осигуряване на прозрачност от „фермата до гардероба“. Това е в синхрон с изискванията на **Дигиталния продукт паспорт (Digital Product Passport)**, който цели да информира потребителите за реалния произход и устойчивост на стоките.

- **Автоматизирано управление на качеството:** Внедряване на компютърно зрение (Computer Vision) за откриване на дефекти в тъканите с прецизност, недостъпна за човешкото око. Това гарантира по-дълъг живот на дрехите,

което е ключов аспект на устойчивата консумация.

2. Дефиниране и класификация на ИИ в контекста на модата

Научното разбиране за изкуствения интелект и неговото приложение в съвременната индустрия стъпва върху дефиницията на Wang [6], според която интелектът не се ограничава единствено до способността за решаване на строго специфични задачи. Авторът аргументира, че същността на ИИ се крие в капацитета на една система да се адаптира ефективно към заобикалящата я среда, дори когато е принудена да оперира в условия на „недостатъчни знания и ресурси“. В рамките на текстилния сектор и модната индустрия до 2023 г. тази теоретична рамка намира пряко отражение в способността на алгоритмите да неутрализират високата информационна несигурност. Тази несигурност се диктува от динамичната и често непредвидима промяна на потребителските вкусове, силното влияние на социалните медии върху търсенето и екстремно кратките жизненни цикли, характерни за модела на „бързата мода“ (Fast Fashion). Същевременно, концепцията за адаптивност при ресурсен дефицит се трансформира в интелигентна оптимизация на суровините и енергийните разходи, което е крайъгълен камък за постигане на екологична устойчивост и минимизиране на общия производствен отпечатък.

Пречупено през призмата на класическата класификация на системите, утвърдена в научната литература от автори като Kaplan и Haenlein [7], индустрията ясно разграничава две основни категории технологично развитие. Към момента на настоящото изследване, практически приложимата форма в модата остава т.нар. „Тесен или Слаб ИИ“ (Narrow AI). Тези системи са проектирани за изпълнение на конкретни, тясно специализирани функции, като например индустриални работи за високопрецизно кроене, автоматизирани чатботове за оптимизиране на

клиентското обслужване и комплексни алгоритми за анализ на големи данни (Big Data), насочени към прецизно прогнозиране на пазарните наличности. В противовес на това, „Силният ИИ“ (Strong AI), който предполага съществуването на машини с човешко съзнание и автономна креативност, остава в сферата на теоретичните разработки и футуристичните дискусии. Към 2023 г. тази втора категория служи предимно като отправна точка за етични дебати относно дългосрочното бъдеще на творческия труд и ролята на човека в един напълно дигитализиран дизайнерски процес.

3. ИИ като инструмент за устойчиво развитие

Централен фокус на съвременната модна индустрия е минимизирането на екологичния отпечатък чрез социално отговорни практики. Според Ramos et al. [8], ИИ е критичен фактор за „устойчива трансформация“. Основните механизми подпомагащи прехода към кръгова икономика могат да се обобщят в няколко направления:

- **Прогнозиране на тенденции и намаляване на отпадъците**

Внедряването на изкуствен интелект в процесите на планиране позволява на модните брандове ефективно да елиминират информационната несигурност и рисковете от субективна човешка грешка. Чрез прилагането на прецизен анализ на масиви от исторически данни и усъвършенствани прогнозни модели, компаниите придобиват способността да инвестират ресурси целево, фокусирайки се единствено върху продукти с доказан висок потенциал за пазарна реализация. Този подход води до драстично оптимизиране на инвентара-намаляване на свръхпроизводството като според изследвания на McKinsey [4], използването на ИИ в прогнозирането може да съкрати излишните складови наличности с 20 до 25%. Подобна оптимизация има пряко

положително въздействие върху екологичния отпечатък на индустрията, тъй като директно адресира проблема със свръхпроизводството — един от основните източници на текстилни отпадъци в глобален мащаб. Наред с намаляването на непродадените количества, интелигентното управление на ресурсите и оптимизирането на производствените цикли, подпомогнато от ИИ, води до значително спестяване на критични природни ресурси. Данните сочат, че тези технологични подобрения резултират в осезаемо намаляване на потреблението на водни ресурси и енергия, което е фундаментална стъпка към постигането на реална устойчивост в сектора [9].

- **Ускоряване на 3D моделирането и дигитални мостри**

Традиционният процес по разработване на нови колекции в модната индустрия исторически е свързан с ресурсоемкото производство на физически мостри, което често изисква множество итерации, корекции и значителен международен транспорт. Интегрирането на изкуствен интелект със специализиран 3D софтуер, като платформите CLO 3D и Browzwear, революционизира този етап, позволявайки създаването на фотореалистични дигитални прототипи с изключителна точност.

Тази технологична синергия оказва директен и измерим екологичен ефект върху производствения цикъл. Чрез пълната замяна на физическите мостри с дигитални двойници се елиминира необходимостта от изразходване на реални текстилни материали по време на дизайнерския процес, което според актуални проучвания води до намаляване на текстилния отпадък при кроене с до 30% [10]. Освен директните икономии на материали, този подход драстично съкращава логистичния въглероден отпечатък, тъй като спестява емисиите, свързани с куриерските услуги и транспорта на физически прототипи между дизайнерските студиа и производствените центрове.

- **Персонализация и виртуално изпробване**

Един от най-сериозните екологични проблеми пред съвременната онлайн търговия е **високият процент на върнати стоки**, който генерира излишен въглероден отпечатък поради обратната логистика. Изкуственият интелект адресира това предизвикателство чрез внедряването на технологии за **хипер-персонализация**, които гарантират по-прецизен избор на потребителя. Основен инструмент в това направление е **автоматизираното сканиране на тялото (Body scanning)**, което позволява снемането на индивидуални мерки с висока точност. Това стимулира развитието на **производството по мярка (made-to-measure)**, при което дрехите се изработват според конкретната анатомия на клиента, елиминирайки нуждата от стандартни размери и риска от несъответствие.

Паралелно с това, масовото навлизане на **виртуалните пробни (Virtual Try-on)** променя радикално потребителското поведение. Тези системи използват алгоритми с добавена реалност и ИИ, за да визуализират как дадено облекло приляга върху тялото на купувача в дигитална среда. Според изследванията на Santhanam & Khare, внедряването на тези технологии води до **намаляване на върнатите пратки с над 15%** [11]. Подобен спад не само повишава икономическата ефективност на брандовете, но и значително **минимизира логистичния въглероден отпечатък**, свързан с транспорта на обратни доставки, което утвърждава персонализацията като стратегически стълб на устойчивата мода.

- **Подкрепа за кръговата икономика и стандарти за проследимост**

Изкуственият интелект играе критична роля в **удължаването на жизнения цикъл на продуктите**, което е фундаментален стълб на **кръговата икономика**. В сектора на търговията с **втора употреба (resale)**, платформи като De-

por и Vinted интегрират усъвършенствани **невронни мрежи** за автоматизирана **автентикация на стоките** и генериране на **интелигентни препоръки**. Това не само улеснява препродажбата и повторната употреба на облеклата, но и повишава доверието на потребителите в качеството на предлаганите артикули, намалявайки необходимостта от закупуване на нови продукти. Паралелно с това, ИИ се утвърждава като основен инструмент за постигане на пълна прозрачност чрез внедряването на **Дигитален продуктов паспорт (Digital Product Passport – DPP)**. В директно съответствие с новия **Регламент на ЕС за екопроектиране (ESPR 2024)** [12], технологията позволява ефективно управление на огромни масиви от данни относно **състава на материалите, произхода на суровините и екологичния отпечатък** на всяко изделие. По този начин ИИ гарантира **пълна проследимост** по цялата верига на стойността, предоставяйки на крайния потребител надеждна информация за устойчивостта на продукта и улеснявайки процесите на последващо рециклиране и преработка.

Описаните механизми — от прецизното прогнозиране на търсенето и дигиталното прототипиране до хипер-персонализацията и проследимостта чрез дигитални паспорти — очертават ИИ като фундаментална технологична основа за новата ера на устойчивост. Интегрирането на тези инструменти позволява на индустрията да премине от реактивно управление на отпадъците към превантивен модел на ресурсно съхранение.

4. Предизвикателства, етични аспекти и актуални тенденции

Преходът от теоретичните модели на 2023 г. към реалното индустриално приложение изисква критичен анализ на пречките пред сектора. Въпреки че ИИ предлага решения, неговото

внедряване е съпътствано от етични и оперативни предизвикателства, които определят посоката на развитие на технологията в периода 2024 – 2026 г.

4.1. Основни предизвикателства и стратегии за преодоляване

Към 2023 г. основните опасения на индустрията относно масовото навлизане на ИИ са систематизирани в два основни стълба: потенциалната загуба на работни места и рискът от творческа стагнация.

Първото предизвикателство засяга **социално-етичните ефекти върху човешката работна сила**, породени от автоматизацията на задачи, традиционно изпълнявани от дизайнери, конструктори и търговци. Стратегията за преодоляване на този риск се фокусира върху прехода към модела **“Human-in-the-loop” (HITL- Човек в цикъла)**. Концепцията за прехода се свързва с философията на Wang [6], който дефинира интелекта като адаптивност при недостатъчни ресурси. Моделът е практическото приложение на тази адаптивност — когато алгоритъмът достигне лимита на своите „знания“, човекът се намесва в „цикъла“, за да вземе етично или творческо решение. В тази парадигма ИИ не се разглежда като заместител на креативния директор, а като високотехнологичен „копилот“. Той поема монотонните и времеемки технически операции — като градиране на размери и изготвяне на технически карти — което освобождава човешкия потенциал за фокус върху етичния избор на материали и иновациите в текстилните структури.

Второто критично предизвикателство е свързано с **хомогенизирането на дизайна**, тъй като алгоритмите, обучени върху масиви от исторически данни, са склонни да генерират сходни и предвидими естетически решения. За да се избегне това творческо еднообразие, индустрията внедрява концепцията за **“Com-**

putational Creativity” (Изчислителна креативност). Чрез нея ИИ се използва за изследване на неконвенционални форми, геометрични структури и цветови комбинации, които често надхвърлят традиционната човешка интуиция. По този начин, вместо да ограничава индивидуалността, технологията се превръща в инструмент за постигане на по-голямо творческо разнообразие и нови естетически хоризонти [13].

4.2. Прогнози и индикатори за устойчивост

Икономическата перспектива пред изкуствения интелект в модната индустрия е внушителна; докладът на McKinsey [4] оценява, че технологията може да добави между **150 и 275 милиарда долара** към печалбите на сектора чрез оптимизация на процесите. Въпреки това, фундаменталната стойност на ИИ се измерва чрез неговите екологични показатели и ролята му на гарант за съответствие с новите **европейски директиви за сектора „Текстил и облекло“**. Ключов индикатор в това направление са данните на UNEP (2023), според които преходът към производство, базирано на реално търсене и управлявано от ИИ, има потенциала да намали глобалния текстилен отпадък с до **30%** [14].

Практическото изражение на тези индикатори се наблюдава в стратегиите на глобални лидери като Nike и H&M, които към 2023 г. вече реализират мащабни инвестиции в алгоритми за интелигентно планиране. Тези системи директно адресират проблема с „мъртвите наличности“, минимизирайки количествата непродана стока, която в миналото често биваше унищожавана.

Отвъд корпоративните политики, ИИ се превръща в основен механизъм за прилагане на **Стратегията на ЕС за устойчиви текстилни изделия**. Технологията служи като технологичен скелет за мониторинг на показателите, изисквани от регулациите за **разширена отговорност на производителя (EPR)** и изискванията за **екопроектиране**. По този начин

дигиталните индикатори, генерирани от ИИ, се трансформират в официални доказателства за устойчивост, позволявайки на компаниите да навигират успешно през затагачите се правни стандарти на ЕС и да избягват санкции, свързани с екологичния отпечатък на продукцията им.

4.3. Актуални тенденции и еволюция

Навлизайки в периода след 2023 г., ИИ еволюира от инструмент за вътрешна оперативна ефективност в критичен инструмент за **регулаторно съответствие и системна прозрачност**. Тази трансформация се диктува от необходимостта технологичните решения да обслужват не само икономическите цели на брандовете, но и новите правни изисквания за екологична отчетност и кръговост, което се проявява в следните ключови направления:

- **Генеративен ИИ за Zero-Waste:** Платформи като Midjourney и специализирани софтуери за кройки вече генерират модели с „нулев отпадък“. ИИ оптимизира подредбата на детайлите върху плата още в концептуална фаза, предотвратявайки фирмата преди тя да бъде създадена.

- **Дигитални двойници и прозрачност:** Интеграцията на ИИ с блокчейн позволява създаването на **Дигитален продуктов паспорт (DPP)**. Това е критично за съответствие с европейските директиви (2025 г.) за пълна проследимост на устойчивостта – от рециклираното влакно до крайния потребител.

- **On-demand микро-фабрики:** Прогнозите на Singh [9] сочат преход към локализирано производство, управлявано от ИИ, което произвежда дрехата едва след нейното закупуване, елиминирайки напълно нуждата от складиране и риска от свръхпроизводство.

4.4. Рискове от „Digital Footprint“ и етичен баланс

Важен извод е т.нар. **парадокс на дигитализацията:** докато ИИ ефективно пести

материални ресурси и минимизира текстилния отпадък, самото обучение и поддръжка на големи езикови и генеративни модели изискват значителни количества електроенергия и водни ресурси за охлаждане на дейта центровете. Устойчивата мода на бъдещето ще зависи не само от софтуерната ефективност, но и от прехода към „зелен ИИ“ (Green AI), захранван изцяло от възобновяеми източници и опериращ върху енергийно оптимизирани хардуерни архитектури.

Отвъд технологичните параметри, ключово предизвикателство остава **запазването на автентичността** в дизайна. Прекомерното разчитане на алгоритмично генерирани концепции крие риск от естетическо еднообразие, което може да подкопае културната стойност на модата като форма на изкуство. Ето защо, навлизането в периода 2025–2026 г. изисква нов тип **дигитална етика**, при която технологиите не диктуват творчеството, а служат като катализатор за по-отговорно и ресурсно ефективно производство.

В обобщение, предизвикателствата пред ИИ в устойчивата мода се изместват от чисто технически към системни и морални. Успешното преодоляване на тези бариери ще зависи от способността на индустрията да интегрира изкуствения интелект не като заместител на човешкия потенциал, а като стратегически партньор в изграждането на прозрачна, нисковъглеродна и социално отговорна екосистема.

Заклучение

Изкуственият интелект притежава потенциала да трансформира модната индустрия от линейна и силно замърсяваща в регенеративна и кръгова система. Настоящото проучване показва, че преходът от аналитични към генеративни модели след 2023 г. предоставя безпрецедентни инструменти за устойчивост – от концепции за „нулев отпадък“ при проектирането до пълна проследимост чрез дигитални паспорти

и нови регулаторни стандарти. Успехът на тази технологична революция обаче зависи от правилния стратегически баланс: съчетаване на машинната прецизност с етичния надзор и човешката креативност. Интегрирането на ИИ в модата не трябва да бъде самоцел, а средство за постигане на хармония между икономическата ефективност и екологичната отговорност към околната среда.

Библиография / References

- [1] European Commission. Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR). Brussels: Official Journal of the EU; 2024.
- [2] Bertola P, Teunissen J. Fashion 4.0. Innovating fashion industry through digital transformation. *Research Journal of Textile and Apparel*. 2018;22(4):352-369.
- [3] Gierej S. The Framework of Digital Value Creation in Fashion Industry. *Journal of Corporate Responsibility and Leadership*. 2017;4(1):33-46.
- [4] McKinsey & Company. Generative AI: Unlocking the future of fashion. *Fashion Report 2023*. New York: McKinsey; 2023.
- [5] Nayyar A, Kumar A. A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development. Singapore: Springer; 2020.
- [6] Wang P. On Defining Artificial Intelligence. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*. 1995;7(3):261-277.
- [7] Kaplan A, Haenlein M. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*. 2019;62(1):15-25.
- [8] Ramos L, Ferreira JJ, Fernandes C. Artificial intelligence for sustainable fashion: A review of applications and challenges. *Sustainability*. 2023;15(16):12415.
- [9] Singh S. Artificial Intelligence in the Fashion and Apparel Industry: Sustainable Business Models. *Tekstilec*. 2024;67(3):225-240.
- [10] Chrimes J. Digital Sampling and the Reduction of Material Waste in Apparel Production. *Textile Research Journal*. 2025;95(1):112-125.
- [11] Santhanam N, Khare A. The Impact of Virtual Try-on Technology on Consumer Returns and Sustainability. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 2024;76:103565.
- [12] European Commission. EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles. Brussels: EC; 2022.
- [13] Rizzi G, Bertola P. Computational Creativity in Fashion Design: From Fast to Sustainable. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. 2025;18(1):45-58.
- [14] UNEP. Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain – A Global Roadmap. Nairobi: United Nations Environment Programme; 2023.