

FURN5.●

Podręcznik ułatwiający przyjęcie Przemysłu 5.0 praktyki w branży meblarskiej UE

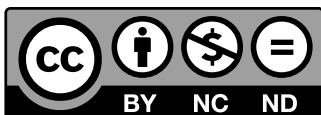
Przewodnik po rozwoju inteligentnej produkcji skoncentrowanej na człowieku, zrównoważonej i odpornej

© AMBIT 2026
Av. Generalitat, 66 - 43560
La Sénia (Tarragona) HISZPANIA
Tel.: +34 977 57 01 22
ambitcluster.org

Niniejsza publikacja została przygotowana przy wsparciu finansowym Unii Europejskiej. Projekt ten został sfinansowany przez Komisję Europejską w ramach zaproszenia: Wsparcie dla Dialogu społecznego (SOCPL-2023-SOC-DIALOG). Numer referencyjny Umowy o dotację: 101145616. Wsparcie Komisji Europejskiej dla wydania niniejszej publikacji nie stanowi poparcia jej treści, która oddaje wyłącznie poglądy jej autorów. Komisja nie ponosi żadnej odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.

Ten przewodnik został przygotowany przy udziale multidyscyplinarnego zespołu ekspertów:
Alessandra Cecchini, Francesco Balducci, Valentina Vedovi - Manifaktura S.r.l. (Zastosowanie: 7) | Alessandro Fumagalli, Anna Pellizzari, Claudia Reder - Materialnie (App.: 4) | Alfredo Ferrer Marco, Gonzalo Ruiz Manzanares - Kampal Data Solutions (App.: 15) | Amaia Castelruiz Aguirre (App.: 8-9), Imanol Ordoñez Zaragoza (App.: 5, 6), Ivan Arakistain Markina (Dodatki: 10, 11) - TECNALIA | Héctor Zapata Cebrián - Tetravol S.L. (App.: 2) | Inmaculada Soler Ramos - Sciling (Dodatk: 12, 13, 14) | Manuel Vinagre Ruiz, Raúl Zaragoza Sacristán z LEITAT (App.: 1) | Ramon Morera i Cuatrecasas - PRODUKTIA (App.: 3) | Ricardo Garcia Bahamonde (Wprowadzenie).

Pod kierownictwem i nadzorem technicznym zespołu AMBIT: Julio Rodrigo Fuentes, Massimiliano Rumignani, Francesc Reolid Sanz, Jaisiel Madrid Sánchez, Lluís Ferrés Solé, Joaquim Solana Monleón oraz z udziałem partnerów projektowych FEDERLEGNOARREDO i EFIC. Projekt: srbeardman.com



Niekomercyjne-Instrumenty pochodne 4.0 International (CC BY-NCND 4.0). creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en

Musisz podać odpowiednie źródło, podać link do licencji i wskazać, czy wprowadzono zmiany. Można to zrobić w dowolny, uzasadniony sposób, o ile nie sugeruje to udzielania przez licencjodawcę poparcia dla udostępniającego lub sposobu, w jaki wykorzystuje ten utwór.

Żadne modyfikacje ani wykorzystanie komercyjne utworu nie są dozwolone.

Materiałów nie wolno wykorzystywać do celów komercyjnych. W przypadku zmiany układu, przekształcenia lub tworzenia na bazie niniejszego utworu zabrania się rozpowszechniania zmodyfikowanych materiałów.

Podziękowanie	5
Wprowadzenie praktyczne	7
Zastosowania technologii Industry5.0	
1 Interakcja człowiek-robot (HRI) w przemyśle meblarskim	16
2 Rozszerzona rzeczywistość w procesach projektowania i prototypowania produktów	22
3 Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości do szkoleń i podnoszenia kwalifikacji kadrowych w branży meblarskiej	28
4 Inteligentne funkcjonalności stosowane w sektorze meblowym	34
5 Usprawnienie procesów rozwoju produktów dzięki wdrożeniu technologii cyfrowych bliźniaków	40
6 Zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności procesów produkcyjnych przy jednoczesnym minimalizowaniu ich wpływu na środowisko poprzez wdrożenie technik symulacyjnych w ramach cyfrowych bliźniaków	50
7 Śledzenie produktów w sektorze meblowym poprzez Digital Product Passport (DPP)	60
8 Data Science zastosowana w produkcji mebli	68
9 Interoperacyjność człowiek-maszyna	76
10 AIoT dla inteligentnej produkcji	84
11 Droga IoT i łączność	92
12 Generatywna sztuczna inteligencja do projektowania niestandardowego i szybkiego prototypowania	98
13 systemów zarządzania wiedzą opartych na sztucznej inteligencji	106
14 Optymalizacja procesów marketingowych i sprzedaży z pomocą Generatywnej AI: automatyzacja i personalizacja treści	114
15 Inteligentne podejmowanie decyzji w sektorze meblowym poprzez korelację danych i analitykę opartą na AI	122
Branża 5.0 – najnowszy stan technologii i rekomendacje interesariuszy	
- Raport o Industry 5.0 w produkcji w UE	127
- Raport o poziomie dojrzałości Przemysłu 5.0 w branży meblarskiej UE	128
- Potrzeb i rekomendacji kompetencji dla interesariuszy sektora meblarskiego	129
Załączniki	
A1 Narzędzie do samooceny Przemysłu 5.0	134
A2 Opinie firm	136
A3 Raport z wyników pilotażu internetowego narzędzia do samooceny	142

Podziękowanie

Chcielibyśmy podziękować naszym kolegom z partnerów FURN5.0: Chiarze Terraneo, Giorgii Von Berger, Grecie Maravai – FederlegnoArredo, Gabrielli Kemendi oraz Niccole Gaglioti – EFIC. Dostarczyli oni istotne spostrzeżenia i swoją fachową wiedzę, które inspirowały i wspierały rozwój tego przewodnika oraz różnorodne działania projektowe.

Jesteśmy wdzięczni pracownikom Komisji Europejskiej za ich wsparcie na każdym etapie realizacji projektu.

Chcielibyśmy wyróżnić kluczowy wkład zewnętrznych ekspertów Industry 5.0, którzy przyczynili się do przygotowania tego przewodnika:

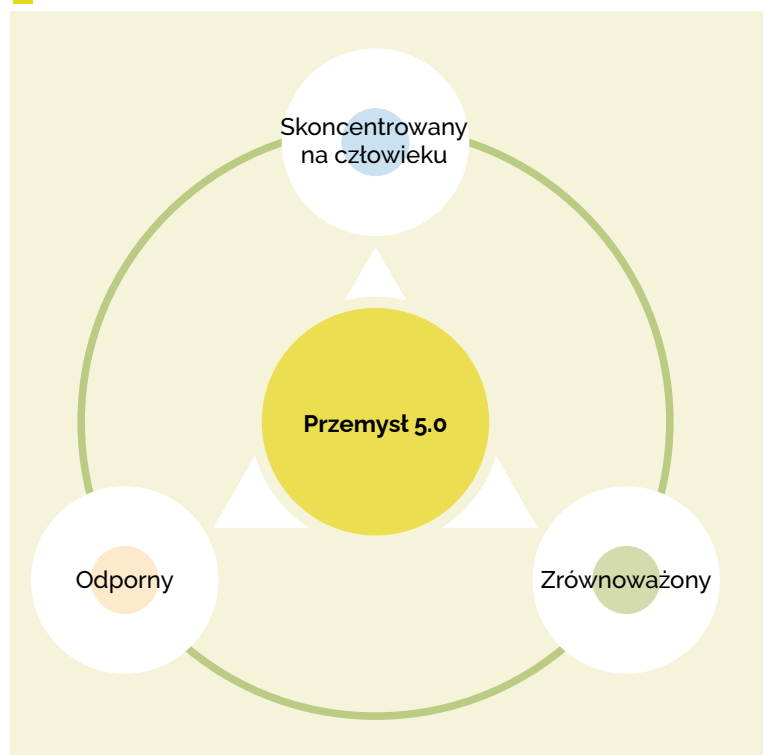
Alessandra Cecchini, Alessandro Fumagalli, Alfredo Ferrer Marco, Amaia Castelruiz Aguirre, Anna Pellizzari, Claudia Reder, Francesco Balducci, Gonzalo Ruiz Manzanares, Héctor Zapata Cebrián, Imanol Ordoñez Zaragoza, Inmaculada Soler Ramos, Ivan Arakistain Markina, Manuel Vinagre Ruiz, Ramon Morera i Cuatrecasas, Raúl Zaragoza Sacristán, Ricardo García Bahamonda oraz Valentina Vedovi.

Chcielibyśmy również podziękować wszystkim ekspertom, którzy przyczynili się do rewizji kart FURN5.0 i uczestniczyli w warsztatach ekspertów, którzy dzięki swoim interdyscyplinarnym i uzupełniającym się opiniom oraz wkładom pomogli zbudować lepsze zrozumienie i bardziej praktyczne podejście do Przemysłu 5.0 w sektorze meblowym. Oprócz poprzednich ekspertów chcielibyśmy podziękować:

Alba Tomàs, Albert Graçon Padilla, Alessio Gnaccarini, Àlex Jiménez, Anaïs Le Corvec, Andrea Berra, Antonio Torrente Ortiz, Dermot O'Donnovan, Emilio Arasa, Giada Fioretti, Gil Arasa, Heiner Strack, Irene Pellecchia, Javier Portolés, Jeroen Doom, Joan Ortega, Jordi Sort, Juan Carlos Alonso, Juan Sala Martínez, Leonardo Cavo, Marco Denni, Matteo Bottenghi, Mattia Calogero, Nathalie Bekx, Rebecca Squeri, Ricardo García Bahamonde, Ruben Sagone, Santiago Pérez de la Hoz, Stefano Santoni, Vittorio Riponi i Xavier Pi i Palomés.

Realizacja projektu FURN5.0 była możliwa tylko dzięki finansowaniu z naboru do składania wniosków Komisji Europejskiej Support for Social Dialogue (SOCPL-2023-SOC-DIALOG).

1



Przemysł 5.0 i inteligentna przyszłość mebli

Industy 5.0 to kolejna ewolucja nowoczesnej produkcji, wychodząca poza tradycyjne cele efektywności i produktywności, przyjmując bardziej **skoncentrowane na człowieku, zrównoważone** i odporne podejście. Mówiąc prosto, Przemysł 5.0 polega na *wykorzystywaniu zaawansowanych technologii w sposób, który wzmacnia pracowników, przynosi korzyści społeczeństwu i szanuje środowisko*. Ten rozdział wprowadzający wyjaśnia, co Przemysł 5.0 oznacza dla sektora meblowego, jakie kluczowe technologie wspierające ją tworzą oraz zbiór istotnych zastosowań przedstawionych później w raporcie. Ten podręcznik FURN5.0 oferuje menedżerom i technikom branży meblarskiej praktyczne, zweryfikowane narzędzia do strategicznej transformacji Przemysłu 5.0, odpowiadając na kluczowe wyzwania przyciągania i zatrzymywania talentów, jednocześnie poprawiając dobrostan pracowników. Dzięki praktycznym przykładom kierownictwo i technicy branży zyskają jasną wizję inteligentnej przyszłości branży meblarskiej oraz poznają konkretne działania, które mogą wdrożyć, aby zwiększyć cyfryzację i konkurencyjność branży.

Czym jest Przemysł 5.0 w sektorze meblowym?

Industy 5.0 to nowy paradygmat przemysłowy sformułowany przez Komisję Europejską, który *"dąży do wykroczenia poza efektywność i produktywność jako jedyne cele" produkcji*. Zamiast tego **stawia dobrostan pracowników w centrum produkcji i realizuje szersze cele społeczne i środowiskowe**, uzupełniając istniejące ramy Przemysłu 4.0. W istocie Przemysł 5.0 opiera się na trzech głównych filarach: **skoncentrowaniu na człowieku, zrównoważonym rozwoju i odporności** (patrz Rysunek 1). FURN5.0 promuje dobrostan pracowników, poprawę bezpieczeństwa oraz rozwój niezbędnych umiejętności. To podejście skoncentrowane na człowieku wzmacnia kluczowy dialog społeczny na rzecz społecznie sprawiedliwej transformacji przemysłu UE. Oznacza to, że fabryki przyszłości są nie tylko inteligentne i zautomatyzowane, ale także zaprojektowane z myślą o potrzebach ludzi, odpowiedzialne ekologicznie i zdolne do wytrzymania zakłóceń.

1 Trzy podstawowe filary Przemysłu 5.0

Przed wszystkim Przemysł 5.0 w sektorze meblowym jest skoncentrowany **na człowieku**. Zamiast traktować technologię jako substytut ludzi, rozwija ona ludzkie umiejętności i kreatywność. Roboty współpracujące podejmują się powtarzalnych lub niebezpiecznych zadań; intuicyjne interfejsy, takie jak AR/VR, sprawiają, że szkolenie, konfiguracja i rozwiązywanie problemów są jaśniejsze i szybsze; a narzędzia wiedzy pomagają pracownikom uzyskać dostęp i dzielić się wiedzą. W

efekcie są bezpieczniejsze, czystsze miejsca pracy oraz stanowiska bardziej atrakcyjne dla nowych talentów, wspierające podnoszenie kwalifikacji i inkluzję w całym rynku pracy.

Bazując na cyfryzacji Przemysłu 4.0, Przemysł 5.0 przekształca wdrażanie pod kątem dobrostanu pracowników, jakości pracy oraz znaczącej współpracy człowiek-maszyna, a także umożliwia masową personalizację opartą na rzemiosle i zamysłach projektowych. Te osiągnięcia skoncentrowane na człowieku naturalnie łączą się z szerszymi celami: odpornymi operacjami dzięki podejmowaniu decyzji opartych na danych i interoperacyjnym systemom oraz zrównoważonym rozwojem dzięki redukcji odpadów, mądrzejszemu wyborowi materiałów i przejrzystości cyklu życia (np. cyfrowe paszporty produktów). Europejski krajobraz polityki — odzwierciedlony w inicjatywach takich jak FURN5.0 — sprzyja tej transformacji, nie tylko poprzez promowanie technologii sprzyjających, ale także poprzez dialog społeczny, rozwój umiejętności oraz atrakcyjną wizję nowoczesnej produkcji. Krótko mówiąc, Industy 5.0 łączy zaawansowaną technologię z lepszymi miejscami pracy, lepszymi, bardziej zrównoważonymi produktami i odpowiedzialnym rozwojem, stawiając ludzi w centrum, jednocześnie wzmacniając konkurencyjność i efektywność środowiskową.

Po drugie, Przemysł 5.0 w sektorze meblowym również jest powiązany ze **zrównoważonym rozwojem** (np. projektowanie o obiegu obrotu i efektywność zasobów). Europejskie inicjatywy, takie jak Zielony Ład, nowy Clean Industrial Deal oraz Competitiveness Compass i inne regulacje, naciskają producentów mebli na zmniejszenie odpadów i dokumentowanie śladu środowiskowego produktów. W Przemysle 5.0 technologia staje się środkiem do realizacji tych celów: na przykład wykorzystywanie **danych i czujników do monitorowania zużycia energii i materiałów** lub wdrażanie **materiałów i procesów o obiegu obrotu**, aby zminimalizować wpływ na środowisko. Krótko mówiąc, Industy 5.0 oferuje *"wizję przemysłu, która (...) wykorzystuje nowe technologie, by zapewnić dobrobyt wykraczający poza miejsca pracy i wzrost, jednocześnie szanując granice produkcji planety"*. Dla firm meblarskich może to oznaczać projektowanie produktów z myślą o trwałości i możliwości recyklingu, wykorzystanie materiałów bio-bazowych oraz wykorzystanie inteligentnych systemów do optymalizacji produkcji w przyjazny dla środowiska.

Wreszcie, **odporność** — trzeci filar — jest niezwykle istotna dla produkcji mebli w świecie po pandemii, zglobalizowanym i wykracza poza mury fabryki, na teren, w którym działają firmy. Budowanie odporności oznacza większą elastyczność produkcji, przejrzyste i różnicowe

wane łańcuchy dostaw oraz zwinne, ciągłe podnoszenie kwalifikacji pracowników. Oznacza to także lokalne zakotwiczenie wartości: wzmocnienie regionalnych sieci dostawców, skracanie tras logistycznych oraz wspieranie symbiozy przemysłowej (np. usługi współdzielone, kołowe pętle materiałne i społeczności energetyczne). Branża 5.0 zachęca do rewizji łańcuchów wartości i praktyk energetycznych nie tylko w celu wytrzymania szoków, ale także wespółzwoju z lokalnym ekosystemem, co jest dokładnie efektem konkurencyjności od dawna podkreślanym przez teorię klastrów (sformułowaną przez Michaela Portera), gdzie głębokie więzi między firmami, instytucjami i talentami zwiększają produktywność i innowacje. W branży meblarskiej przekłada się to na możliwości takie jak szybkie przetwarzanie linii produktów, szkolenie zespołów z umiejętnościami cyfrowymi oraz wykorzystywanie platform cyfrowych

do pozyskiwania i sprzedaży, przy jednoczesnym priorytetowym traktowaniu partnerów regionalnych; Obejmuje także mapowanie pochodzenia, opracowywanie opcji drugiego źródła w pobliżu oraz wykorzystywanie organizacji klastrów do wspólnego testowania, szkoleń i dostępu do rynku. W efekcie sektor jest bardziej odporny na zakłócenia — i bardziej konkurencyjny — ponieważ jest zakorzeniony, współpracujący i lokalnie regenerujący.

Ogólnie rzecz biorąc, Przemysł 5.0 w sektorze meblarskim łączy innowacje technologiczne z szerokim spektrum umiejętności i zdolności ludzkich — kreatywnością, rzemiosłem, krytycznym osądem, rozwiązywaniem problemów, współpracą, elastycznością i ciągłym uczeniem się — wraz z odpowiedzialnością ekologiczną, dzięki czemu sektor może rozwijać się ekonomicznie, społecznie i ekologicznie.

Technologie wspierające napędzają Przemysł 5.0

Przemysł 5.0 napędzany jest przez zestaw **zaawansowanych technologii umożliwiających** realizację jego ludzko-skoncentrowanej i zrównoważonej wizji. Wiele z tych technologii to ewolucje narzędzi Przemysłu 4.0, obecnie stosowane w mądrzejszy, bardziej współpracujący i empatyczny sposób, stawiając ludzkie potrzeby, dobrostan i kreatywność w centrum innowacji przemysłowych. Według Komisji Europejskiej, kluczowe technologie

leżące u podstaw Przemysłu 5.0 obejmują **"dostosowaną interakcję człowiek-maszyna, technologie inspirowane naturą i inteligentne materiały, cyfrowe bliźniaki i symulacje, technologie transmisji/przechowywania/analizy danych, sztuczną inteligencję oraz technologie efektywności energetycznej i autonomii"**. W praktyce następujące obszary technologiczne są szczególnie istotne w kontekście produkcji mebli:



Współpraca człowieka z maszyną

Charakterystyczną cechą Industry 5.0 jest to, że ludzie i maszyny współpracują bezproblemowo. Obejmuje to wykorzystanie **robotów współpracujących (cobotów)**, które działają ramię w ramię z pracownikami na hali produkcyjnej. W przeciwieństwie do tradycyjnych robotów przemysłowych, które pozostają za ogrodzeniami bezpieczeństwa, coboty są zaprojektowane z czujnikami i ograniczeniami siły, dzięki czemu mogą bezpiecznie dzielić przestrzeń pracy z ludźmi. Przejmują ciężkie, powtarzalne lub ergonomicznie trudne zadania – na przykład podnoszenie ciężkich paneli, szlifowanie dużych powierzchni czy precyzyjne wiercenie – **tym samym poprawiają bezpieczeństwo i efektywność pracowników**. Co istotne, te roboty są *"współpracujące i poznawcze"*, co oznacza, że potrafią dostosować się do ludzkich intencji i dostarczać informacje zwrotne (np. wykorzystując AI do interpretacji działań lub poleceń głosowych pracownika). Obok robotyki, zaawansowane **interfejsy człowiek-maszyna**, takie jak Rozszerzona Rzeczywistość (AR) i Wirtualna Rzeczywistość (VR), dają pracownikom w branży meblarskiej możliwość działania. AR/VR może nakładać cyfrowe informacje na rzeczywiste środowiska lub symulować środowiska



Inteligentne i bezwzględne materiały

Przemysł 5.0 wykorzystuje **także inspirowane naturą i inteligentne materiały**, aby wprowadzać innowacje w produkty i zmniejszać wpływ na środowisko. "Inteligentne" lub inteligentne materiały mogą reagować na otoczenie – na przykład tkaniny zmieniające właściwości wraz z temperaturą lub kompozyty drewniane osadzone w czujnikach. W meblach może to oznaczać **inteligentne funkcje wbudowane w meble** (takie jak stół, który może ładować urządzenia lub automatycznie regulować wysokość, albo krzesła monitorujące postawę). Obejmuje także materiały biobazowane oraz *materiały obiegowe* (odnawialne, odnawialne zasoby), które

są zgodne z celami zrównoważonego rozwoju. Dzięki zastosowaniu zaawansowanych materiałów producenci mebli mogą tworzyć produkty bardziej trwałe, konfigurowalne lub przyjazne dla środowiska. Ten obszar technologiczny często pokrywa się z innowacjami projektowymi: inżynierowie eksperymentują z **biomimiką** (ucząc się na podstawie projektów natury), aby tworzyć materiały meblarskie, które są lekkie, ale wytrzymałe, lub z powłokami samonawracającymi się wydłużającymi żywotność produktu. Chociaż te "technologie inspirowane naturą i inteligentne materiały" mogą nie być tak widocznie zaawansowane technologicznie jak roboty czy sztuczna inteligencja, stanowią kluczowy element dążeń Przemysłu 5.0 do zrównoważonych innowacji. Firma meblarska wdrażająca Przemysł 5.0 może eksplorować na przykład **kompozyty przypominające drewno wykonane z włókien recyklingowych** lub **inteligentne tekstylia** odpowiadające na potrzeby użytkowników, łącząc tym samym starzedonowoczesne rzemiosło z nowoczesną technologią.



Bliźniaki cyfrowe i symulacja

Cyfrowy bliźniak to **wirtualna replika fizycznego produktu, procesu lub całej fabryki**. Przemysł 5.0 wykorzystuje cyfrowe bliźniaki i zaawansowane symulacje, aby optymalizować produkcję i przewidywać wyniki bez kosztownych metod prób i błędów w rzeczywistości. W sektorze meblowym cyfrowe bliźniaki mogą być przełomowe. Wyobraź sobie cyfrowy model mebla, który aktualizuje się w czasie rzeczywistym podczas produkcji, co pozwala inżynierom testować regulacje wirtualnie lub przewidywać potrzeby konserwacji. Podobnie fabryki mogą mieć cyfrowe bliźniaki swoich linii produkcyjnych, aby symulować zmiany w przepływie pracy lub integrować nową maszynę z oprogramowaniem przed wprowadzeniem jej na halę produkcyjną. Jednym ze szczególnych zastosowań związanych z celem zrównoważonego rozwoju Przemysłu 5.0 **jest symulacja wpływu na środowisko i społeczeństwo**. Przed wdrożeniem zmian w materiałach lub procesach firmy mogą wykorzystać oprogramowanie do modelowania, jak te zmiany wpłyną na ich ślad węglowy, produkcję odpadów, a nawet ergonomię pracowników. Projekt FURN5.0 podkreśla technologie *"symulacji i pomiaru wpływu na środowisko i społeczeństwo"*, podkreślając znaczenie wykorzystania narzędzi cyfrowych do napędzania zrównoważonego rozwoju w projektowaniu i produkcji. Wdrożenie technologii cyfrowych bliźniaków pozwala producentom mebli stać się bardziej proaktywnymi i opartymi na **danych**, rozwiązywać problemy wirtualnie (np. modyfikując projekt w celu mniejszego zużycia materiału) oraz zapewniając optymalne efekty zarówno pod względem efektywności, jak i zrównoważonego rozwoju.



Łączność danych i zdolność doobróbki energii tr

W ramach Przemysłu 5.0 **dane są tkanką łączącą** wszystkie części łańcucha wartości. Bazując na IoT (Internet Rzeczy) z Przemysłu 4.0, fabryki mebli będą wykorzystywać sieci czujników i inteligentnych urządzeń – na maszynach, w magazynach, a nawet na dostarczonych produktach – do zbierania danych w czasie rzeczywistym. Celem jest stworzenie ciągłej pętli informacji zwrotnej dla poprawy i przejrzystości. Wykorzystanie **IoT i Big Data do zbierania i analizy informacji w czasie rzeczywistym może znacznie poprawić zarządzanie zasobami i podejmowanie decyzji**. Na przykład czujniki na linii produkcyjnej mogą śledzić zużycie energii, a analityka może sugerować sposoby oszczędzania energii lub planowania konserwacji w optymalnych momentach. Kolejnym kluczowym aspektem **jest interoperacyjność**, co oznacza, że różne maszyny i systemy oprogramowania bezproblemowo udostępniają dane w całej fabryce i łańcuchu dostaw. Przemysł 5.0 promuje *"interoperacyjność danych i systemów"*, aby wszyscy interesariusze (od dostawców materiałów po punkty sprzedaży detalicznej) mogli być połączeni w cyfrowym ekosystemie. Jedną z konkretnych inicjatyw w Europie, która jest przykładem przejrzystości opartej na danych, jest **Digital Product Passport (DPP)**. W istocie DPP to cyfrowy dokument towarzyszący produktowi, zawierający szczegółowe informacje o jego materiałach, pochodzeniu, produkcji oraz instrukcjach końcowych okresu użytkowania. W niedalekiej przyszłości firmy meblarskie będą zobowiązane do udostępniania takich danych dla każdego produktu, aby spełnić wymogi dotyczące zrównoważonego rozwoju. Zeskanowanie prostego kodu QR na meblu może ujawnić całą jego "historię życia", umożliwiając praktyki gospodarki o obiegu zamkniętym, takie jak łatwiejszy recykling i odpowiedzialne pozyskiwanie produktów. W naszym kontekście **śledzenie produktu przez DPP jest kluczową aplikacją**, która zapewnia przejrzystość każdego etapu życia produktu meblowego. To nie tylko pomaga środowisku, ale także dodaje wartości konsumentom, którzy chcą wiedzieć, jak powstały ich meble. Ogólnie rzecz biorąc, solidne infrastruktury danych – od czujników IoT na hali produkcyjnej po platformy chmurowe agregujące big data – są podstawowymi technologiami umożliwiającymi *inteligentną, połączoną i przejrzystą* naturę Przemysłu 5.0.



Sztuczna inteligencja iUtomia

AI to silnik, który rozumie wszystkie dane i złożoność systemów Przemysłu 5.0. W ramach skoncentrowanych na człowieku sztuczna inteligencja pełni rolę narzędzia wspierającego ludzkie decyzje i kreatywność. Istnieją tu dwie główne kategorie zastosowań AI: *analityczna AI* i *generatywna AI*. Analityczna AI odnosi się do wykorzy-

stania algorytmów uczenia maszynowego do wykrywania wzorców, przewidywania wyników i wspierania decyzji. Dla producenta mebli analityczna AI może być stosowana do prognozowania popytu, kontroli jakości lub optymalizacji procesów – na przykład system AI analizujący dane produkcyjne, aby przewidywać awarie maszyn lub wykrywać wady materiałów (poprawiając odporność i jakość). Jedno z zastosowań opisanych w podręczniku FURN5.0 koncentruje się na *"analizie AI i analizie wzorców"*, analizującej, jak AI może przeszukiwać duże zbiory danych, aby znaleźć trendy, które ludzie mogą przeoczyć. Generatywna AI natomiast obejmuje systemy AI, które potrafią tworzyć nowe treści lub projekty. To rozwijający się obszar z ekscytującymi perspektywami nie tylko dla projektowania i marketingu mebli, ale także dla efektywności organizacyjnej. Wyobraź sobie AI, która potrafi generować setki niestandardowych wariantów projektowania mebli w oparciu o preferencje klienta lub szybko tworzyć prototypy w środowisku wirtualnym, co mogłoby znacznie przyspieszyć fazę projektowania. Taka *"Generatywna AI do projektowania niestandardowego i szybkiego prototypowania"* jest jednym z zastosowań prezentowanych w tym projekcie. Podobnie, generatywna sztuczna inteligencja może być wykorzystywana do poprawy zarządzania operacyjnego i efektywności, na przykład poprzez usprawnienie i tworzenie nowych form zarządzania wiedzą, automatyzację dokumentacji oraz poprawę interakcji z klientami. Na przykład system wiedzy oparty na AI mógłby umożliwić pracownikom zapytania do bazy danych w języku naturalnym (na przykład asystent AI, który zna zasady projektowe firmy i wcześniejsze projekty). W sprzedaży i marketingu narzędzia generatywnej AI mogą automatycznie tworzyć spersonalizowane treści marketingowe lub wizualizacje do projektowania wnętrz dla klientów, poprawiając doświadczenie klienta. Wspólnym mianownikiem jest to, że AI, gdy jest używana odpowiedzialnie, wzmacnia ludzkie możliwości – czy to kreatywność w projektowaniu, czy efektywność produkcji – zamiast zastępować rolę człowieka. Industry 5.0 kładzie nacisk na *"podejście skoncentrowane na człowieku w zakresie technologii cyfrowych, w tym AI"*, zapewniając, że rozwiązania AI są opracowywane z myślą o dobrostanie i wzmocnieniu pozycji pracowników.



Zrównoważona energia i autonomia

Do rozwoju technologii należą innowacje w **zakresie efektywności energetycznej, odnawialnych źródeł energii oraz systemów autonomicznych**. Choć nie są to technologie unikalne dla sektora meblowego, są kluczowe dla osiągnięcia filaru zrównoważonego rozwoju w Industry 5.0. Może to obejmować wszystko – od instalacji paneli słonecznych i inteligentnych systemów zarządzania energią w celu zmniejszenia śladu węglowego, po eksplorację autonomicznej logistyki (takiej jak samojeżdżące wózki widłowe czy drony dostawcze), które mogą zwiększyć odporność operacji. Technologie skoncentrowane na energii nie pojawiły się jako odrębna sekcja w podręczniku FURN5.0, ale stanowią podstawę szerszego kontekstu: ostatecznie wiele usprawnień Przemysłu 5.0 (w tym wydajne maszyny, zoptymalizowane procesy za pomocą AI, wykorzystanie cyfrowych bliźniaków do ograniczania odpadów) przyczynia się do **oszczędności energii i bardziej ekologicznej produkcji**. Europejska strategia Przemysłu 5.0 wyraźnie podkreśla znaczenie *"technologii dla efektywności energetycznej, odnawialnych źródeł energii, magazynowania energii i autonomii"* jako części tego przyszłego modelu przemysłowego. Na przykład w fabryce mebli może to przejawiać się jako wdrożenie inteligentnego systemu HVAC i oświetlenia reagującego na warunki w czasie rzeczywistym lub wykorzystanie energii pozyskiwanej z procesów produkcyjnych do zasilania innych operacji. Podkreśla się, że technologia powinna pomagać minimalizować ślad środowiskowy produkcji, a tym samym osiągnąć *zrównoważony rozwój* nie tylko dzięki materiałom, ale także poprzez to, jak zasilamy i prowadzimy nasze fabryki.

Podsumowując, technologie wspierające Przemysł 5.0 tworzą powiązany zestaw narzędzi.

Robotyka współpraca i AR/VR koncentrują się na *aspekcie ludzkim*, inteligentne materiały i czysta technologia koncentrują się *na zrównoważonym rozwoju*, a cyfrowe bliźniaki, IoT, AI zapewniają *odporność* i inteligencję. Co ważne, wiele z tych technologii już dziś pojawia się w zaawansowanych firmach (jak zauważa raport z 2024 roku, *"są już obecne w firmach na długo na ścieżce cyfryzacji"*). Jednak Przemysł 5.0 przewiduje ich wdrożenie w całym sektorze produkcyjnym w sposób zintegrowany, stawiający na ludzi na pierwszym miejscu. Dla firm meblarskich rozpoczynających tę drogę zrozumienie tych technologii jest pierwszym krokiem. Jednak najnowsze badania pokazują **lukę w wiedzy**: średnio 50% ankietowanych firm meblarskich z UE przyznało, że wie niewiele o technologiach Przemysłu 5.0 (niektóre technologie mają nawet 70% niskiej świadomości). Właśnie tutaj materiały edukacyjne projektu FURN5.0 okazują się przydatnym zasobem, pomagając zniwelować tę lukę poprzez ilustrację, co te innowacje oznaczają w praktyce.

Czego się spodziewać w tym podręczniku - Przegląd aplikacji

Trzon podręcznika projektu FURN5.0 stanowi zbiór **zastosowań Przemysłu 5.0** – zwięzłych, praktycznych studiów przypadków lub arkuszy informacyjnych – z których każdy podkreśla konkretne zastosowanie technologii Przemysłu 5.0 w sektorze meblarskim. Aplikacje te zostały zaprojektowane tak, aby były łatwe do czytania i informacyjne, tak aby menedżerowie firm z branży meblarskiej, pracownicy lub inni zainteresowani czytelnicy mogli szybko zrozumieć, jak działa dana technologia i jakie przynosi korzyści. Ten rozdział

wprowadzający przedstawia zamysł sekcji podręcznika, wyjaśniając rodzaje omawianych treści oraz sposoby ich poruszania się.

Aplikacje są zorganizowane według dziedziny technologicznej, zgodnie z wymienionymi powyżej kategoriami technologii umożliwiających. To tematyczne podział pomaga czytelnikom łączyć powiązane tematy i dostrzegać szerszy obraz. Główne dziedziny i powiązane z nimi zastosowania to:



Interakcja człowiek–maszyna i robotyka

Treści z tej dziedziny pokazują, jak produkcja mebli może stać się bardziej skoncentrowana na człowieku dzięki *robotyce współpracującej i immersyjnym interfejsom*. Na przykład konkretne zastosowanie koncentruje się na **interakcji człowiek-robot (HRI)** (nr 1) w fabrykach mebli, pokazując, jak *roboty współpracujące ("coboty")* mogą wspierać pracowników w zadaniach takich jak montaż czy wykańczanie powierzchni. Inne zastosowanie obejmuje wykorzystanie **rozszerzonej rzeczywistości (XR)** (nr 2) – czyli rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości – w projektowaniu produktów i prototypowaniu. Istnieje także zastosowanie **XR do szkolenia i podnoszenia kwalifikacji kadrowych** (nr 3) w branży meblarskiej. Dzięki tym przykładom czytelnicy zobaczą, jak operatorzy mogą współpracować z *inteligentnymi maszynami*: od używania okularów AR do wizualizacji nowego projektu kuchni w 3D przed jego zbudowaniem, po programowanie cobota poprzez po prostu prowadzenie go przez ruch (zamiast skomplikowanego kodowania). Wniosek jest taki, że technologie Przemysłu 5.0 mogą uczynić środowisko fabryczne bardziej interaktywnym, intuicyjnym i bezpiecznym dla ludzi.



Inteligentne materiały i funkcjonalności

W tej dziedzinie jedna z zastosowań poświęcona jest **inteligentnym funkcjonalnościom zastosowanym w sektorze meblowym** (nr 4), badając zaawansowane materiały i technologie wbudowane, które dają meblom nowe możliwości. Na przykład może pokazać prototypy inteligentnych mebli, takich jak **stół integrujący bezprzewodowe ładowanie i czujniki**, czy wykorzystanie **materiałów z pamięcią kształtu**, które pozwalają na samoregulację komponentów. Treść podkreśli, jak inteligentne materiały mogą dodawać wartości (meble dostosowujące się do użytkowników lub środowiska) oraz poprawiać zrównoważony rozwój (materiały trwalsze lub łatwiejsze do recyklingu). Przeglądając to zgłosze-

nie, kierownictwo i technicy branży rozumieją koncepcję *"inteligentnych materiałów"* w Przemysle 5.0 oraz jak nauka o materiałach jest równie ważna jak informatyka w budowaniu przyszłości mebli.



Bliźniaki cyfrowe i symulacje

Do tej dziedziny należą dwie aplikacje, ilustrujące siłę wirtualizacji i modelowania. Pierwsza omawia **cyfrowe bliźniaki produktów i procesów** (nr 5) oraz wyjaśnia, jak stworzenie cyfrowego lustra mebla lub całej linii produkcyjnej może pomóc w projektowaniu, testowaniu i konserwacji. Druga dotyczy **technologii symulacji i pomiaru wpływu na środowisko i społeczeństwo** (nr 6) w produkcji mebli. To zastosowanie jest szczególnie nowoczesne: pokazuje narzędzia, które mogą symulować dany proces (np. wykończenie stołu) oraz obliczać jego emisję dwutlenku węgla, a nawet wpływ ergonomiczny na pracowników. Czytelnicy dowiedzą się, jak symulacje cyfrowe mogą kierować podejmowaniem decyzji w kierunku bardziej zrównoważonych i ergonomicznych ustawień produkcyjnych. Razem te aplikacje podkreślają kluczową ideę Przemysłu 5.0: *"Mierz dwa razy, tnij raz"*, czyli używaj modeli cyfrowych do wirtualnego doskonalenia procesów i produktów, oszczędzając czas i zasoby w rzeczywistym świecie.



Integracja danych i śledzenie

Ta dziedzina obejmuje oparty na danych szkielet Przemysłu 5.0 w branży meblarskiej. Kilka zastosowań podchodzi do tego z różnych perspektyw:

- **Śledzenie produktu poprzez Cyfrowy Paszport Produktu (DPP)** (nr 7): jedna z aplikacji wprowadza koncepcję Cyfrowego Paszportu Produktu dla mebli. Szczegółowo opisuje, jak system DPP może śledzić mebel od surowca do końca eksploatacji, przechowując takie informacje jak pochodzenie drewna, użyte kleje, ślad węglowy oraz instrukcje dotyczące recyklingu. Jest to

bezpośrednio powiązane z nadchodzącymi unijnymi regulacjami zrównoważonego rozwoju i stanowi praktyczne narzędzie do zapewnienia zgodności i przejrzystości.

- **Data Processing for Learning Processes** (nr 8): ta aplikacja analizuje, jak firmy mogą przekształcić surowe dane w praktyczną wiedzę w Industry 5.0, gdzie fabryki, maszyny i systemy generują ogromne ilości danych; ta sekcja omawia metody takie jak uczenie maszynowe czy analiza danych, które *uczą się* na podstawie danych produkcyjnych w celu optymalizacji operacji (na przykład analiza danych z linii produkcyjnej w celu identyfikacji nieefektywności lub trenowanie modeli AI do przewidywania problemów z jakością). Podkreśla ona, że samo zbieranie danych nie wystarczy – trzeba je przetwarzać i *uczyć się* na ich podstawie, aby stałe się rozwijać.
- **Data and System Interoperability** (nr 9): ta aplikacja podejmuje wyzwanie integracji różnych systemów i urządzeń IT tak, aby skutecznie się komunikowały. W wielu firmach meblarskich oprogramowanie projektowe, systemy wykonawcze produkcji, bazy zapasów itp. mogą być izolowane. Aplikacja będzie obejmować strategię lub standardy interoperacyjności (takie jak korzystanie z powszechnych formatów danych czy platform IoT), aby osiągnąć bardziej połączoną fabrykę, stając się tym samym krokiem do Przemysłu 5.0, gdzie wszystko jest połączone w cyfrowym ekosystemie.
- **Integracja IoT i czujników w produkcji i produktach:** Dwa blisko powiązane zastosowania koncentrują się na czujnikach sieciowych: jedno na poziomie łańcucha produkcyjnego (nr 10) i drugie na poziomie produktu (nr 11). Pierwsza pokazuje, jak integracja IoT z procesem produkcyjnym (halą produkcyjną) umożliwi monitorowanie w czasie rzeczywistym i inteligentniejszą automatyzację. Na przykład czujniki w maszynach mogą umożliwić predykcyjną konserwację – przewidywanie awarii zanim nastąpią – tym samym zwiększając odporność. Drugie przemówienia **IoT w samych produktach meblowych**. Może to być inteligentne meble biurowe dostosowane do ergonomii, po połączone meble domowe współpracujące z urządzeniami użytkownika. Grupując te tematy, czytelnicy mogą docenić pełny zakres łączności: od procesów wewnętrznych po doświadczenie użytkownika końcowego, dane przepływają w górę i w dół łańcucha wartości. Ogólnie rzecz biorąc, sekcje tego zestawu danych/śledzenia pokazują, jak **informacje stają się równie ważne jak produkt fizyczny** w Industry 5.0, umożliwiając śledzenie, mądrzejsze podejmowanie decyzji oraz nowe usługi.



Zastosowania sztucznej inteligencji

Zawartość zawarta w tej dziedzinie zagłębia się w **innowacje napędzane sztuczną inteligencją** w branży meblarskiej. Cztery zastosowania ilustrują odrębne zastosowania AI:

- **Generatywna AI do projektowania niestandardowego i szybkiego prototypowania** (nr 12): Niniejsza aplikacja omawia, jak algorytmy generatywne mogą szybko tworzyć wariacje projektowe, a nawet wizualne prototypy. Na przykład AI mogłaby wygenerować dziesiątki projektów krzesel na podstawie zadań projektanta lub nawet opinii konsumentów, co znacznie przyspiesza proces iteracji. Może zawierać przykłady projektów mebli generowanych przez AI lub jak można połączyć druk 3D z AI, aby szybko prototypować.
- **Systemy zarządzania wiedzą oparte na AI** (nr 13): Tutaj skupiamy się na wykorzystaniu AI do zbierania i organizowania wiedzy w obrębie firmy meblarskiej. Może to oznaczać inteligentną bazę danych wykorzystującą zapytania w języku naturalnym (pozwalającą pracownikom zadawać pytania typu *"Jak rozwiązano problem tapicerki tego modelu w zeszłym roku?"* oraz uzyskanie odpowiedzi z wcześniejszych rekordów), lub chatbotów AI, które pomagają szkolić nowych pracowników, odpowiadając na pytania techniczne. Pokazuje AI jako narzędzie wsparcia, które pozwala utrzymać wiedzę i prowadzić pracowników, zgodnie z etosem skoncentrowanym na człowieku.
- **Optymalizacja marketingu i sprzedaży z wykorzystaniem generatywnej sztucznej inteligencji** (nr 14): Ta aplikacja analizuje stronę skierowaną do klienta, pokazując, jak AI może personalizować i automatyzować treści. Detaliści i producenci mebli często muszą tworzyć katalogi, wizualizacje pomieszczeń lub teksty marketingowe – generatywna sztuczna inteligencja może zautomatyzować część tego, tworząc dopasowane materiały marketingowe dla różnych odbiorców lub interaktywne projekty pomieszczeń dla klientów w czasie rzeczywistym. Pokazuje, jak AI może wносить wartość w branży meblarskiej, nawet poza halą produkcyjną, zwiększając zaangażowanie klientów i otwierając kreatywność w marketingu.
- **Analityka AI i analiza wzorców** (nr 15): Ostatnia aplikacja AI wykorzystuje AI do analizy danych i wsparcia decyzji. Obejmuje wykorzystanie zaawansowanej analityki lub uczenia maszynowego do wykrywania wzorców w złożonych zbiorach danych – takich jak trendy preferencji konsumentów, wzorce wydajności maszyn czy wąskie gardła w łańcuchu dostaw – oraz wspieranie menedżerów w podejmowaniu decyzji strategicznych. Dzięki implementacji takiej analitycznej sztucznej inteligencji firmy meblarskie mogą przejść na strategię oparte na danych, czyniąc firmę bardziej odporną i podatną na zmiany (kluczowy rezultat Przemysłu 5.0).

Eksploatując te aplikacje skoncentrowane na AI, czytelnicy zyskają wgląd w to, jak **sztuczna inteligencja pełni rolę wszechstronnego narzędzia w Industry 5.0** – od

kreatywnego projektowania aż po inteligentniejsze operacje biznesowe – zawsze z celem uzupełnienia ludzkich umiejętności i poprawy produktywności w sposób zrównoważony.

Podręcznik FURN5.0: struktura treści

Zawartość podręcznika FURN5.0 jest ustrukturyzowana w ramach pięciu wymienionych powyżej dziedzin technologicznych:

2 Struktura treści podręcznika FURN5.0

Tabela skrzydeł foliopodsumowuje wyżej wymienione (numerowane) aplikacje uwzględnione w każdej dziedzinie technologii.

3 Aplikacje podręczników FURN5.0

Treść podąża **logicznym przeptywem, zaczynając od technologii interakcji człowiek-maszyna, przechodząc przez infrastrukturę cyfrową, a kończąc się na AI.** W każdej dziedzinie poszczególne sekcje dotyczą konkretnych zastosowań, jak opisano.

Ta klasyfikacja ma dwie zalety:

Odzwierciedla **strukturę technologii Industry 5.0** wprowadzonych wcześniej, wzmacniając zrozumienie czytelnika poprzez grupowanie powiązanych tematów (na przykład po przeczytaniu o robotach współpracujących i AR/VR we wstępie, czytelnik od razu znajdzie odpowiednią sekcję w sekcji HMI).

Podkreśla **powiązania między** sekcjami. Czytelnicy zainteresowani konkretnym aspektem (np. łącznością) mogą łatwo znaleźć wszystkie sekcje związane z danymi razem, uzyskując tym samym kompleksowy obraz tego, jak śledzalność, interoperacyjność i IoT wspólnie przyczyniają się do powiązanego ekosystemu Industry 5.0.

Niektóre zastosowania obejmują wiele dziedzin (na przykład cobot wykorzystuje AI do widzenia, a narzędzie projektowania AI może być także formą interakcji człowiek-maszyna). W takich przypadkach klasyfikacja opiera się na głównym obszarze sekcji (NI). Proponowany porządek nie jest jedynym sposobem na uporządkowanie treści, ale zapewnia jasny i pedagogiczny przepływ od namacalnych innowacji z hali produkcyjnej (roboty, materiały) po innowacje cyfrowe i niematerialne (dane, AI).

Podsumowanie

Ten rozdział wprowadzający ma na celu pomoc czytelnikom w orientacji w aplikacjach podręcznika FURN5.0. Podręcznik wyjaśnia, co oznacza Przemysł 5.0 – szczególnie dla producentów mebli – i wskazuje kluczowe technologie umożliwiające tę transformację. Podsumowując, **Przemysł 5.0 koncentruje się na integracji zaawansowanej technologii z ludzkim dotykiem i świadomym podejściem ekologicznym:** to fabryka mebli, gdzie rzemieślnicy współpracują z cobotami, gdzie projektowanie jest przyspieszane przez AI, ale inspirowane przez naturę i zrównoważony rozwój, oraz gdzie każdy produkt niesie paszport swojej zrównoważonej drogi. Piętnaście zastosowań zawartych w podręczniku

2

Struktura treści podręcznika zastosowań FURN5.0

1	Interakcja człowiek-maszyna
2	Inteligentne materiały
3	Cyfrowe bliźniaki i symulacje
4	Integracja danych i IoT
5	Sztuczna inteligencja

3

Zastosowania FURN5.0

1	Interakcja człowiek-robot (HRD)
2	Rozszerzona rzeczywistość (XR)
3	Wykorzystanie XR do szkoleń i podnoszenia kwalifikacji pracowników
4	Inteligentne funkcjonalności stosowane w sektorze meblarskim
5	Cyfrowe bliźniaki produktów i procesów
6	Technologie do symulacji i pomiaru wpływu na środowisko i społeczeństwo
7	Śledzenie produktów za pomocą Cyfrowego Paszportu Produktu (DPP)
8	Przetwarzanie danych w procesach uczenia się
9	Interoperacyjność danych i systemów
10	Integracja IoT i czujników w łańcuchu produkcji i produktów
11	Integracja IoT i czujników w produktach
12	Generatywna AI do projektowania na zamówienie i szybkiego prototypowania
13	Systemy zarządzania wiedzą wspierane przez AI
14	Optymalizacja marketingu i sprzedaży z użyciem generatywnej AI
15	Analiza danych i wzorców z wykorzystaniem AI

ilustruje te koncepcje na konkretnych przykładach i przypadkach użycia.

Prezentując aplikacje w uporządkowany sposób (pogrupowane według dziedziny), czytelnicy mogą łatwo znaleźć interesujące tematy i zrozumieć, jak każdy element wpisuje się w szerszy obraz Przemysłu 5.0. Niezależnie od tego, czy to menedżer firmy meblarskiej lub technik oceniający strategię innowacji, pracownik ciekawy przyszłości swojej pracy, czy po prostu entuzjasta inteligentnego projektowania, z każdej sekcji można się czegoś nauczyć. **Erę Przemysłu 5.0 w branży meblarskiej nadchodzi** zapowiada przyszłość, w której technologia i rzemiosło łączą siły, tworząc inteligentniejszy, bardziej zrównoważony i bardziej ludzko napędzany przemysł meblarski.

Ostatecznie projekt FURN5.0 ma na celu wyposażenie interesariuszy w wiedzę i narzędzia niezbędne do poruszania się w tej transformacji. Dzięki zrozumieniu wniosków zawartych w tych sekcjach, menedżerowie branży będą lepiej przygotowani do udziału w kształtowaniu "inteligentnej przyszłości mebli".

Witamy w Industry 5.0!

Interakcja człowiek-robot (HRI) w przemyśle meblarskim



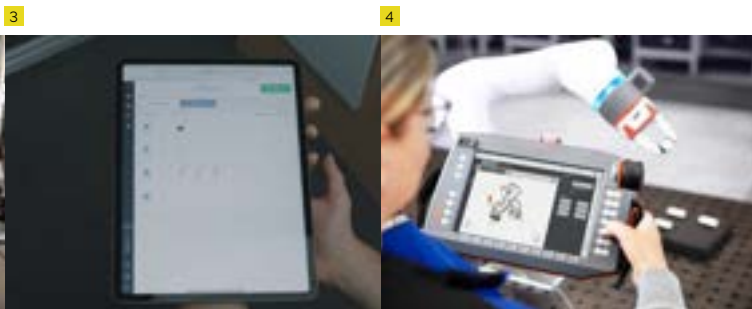
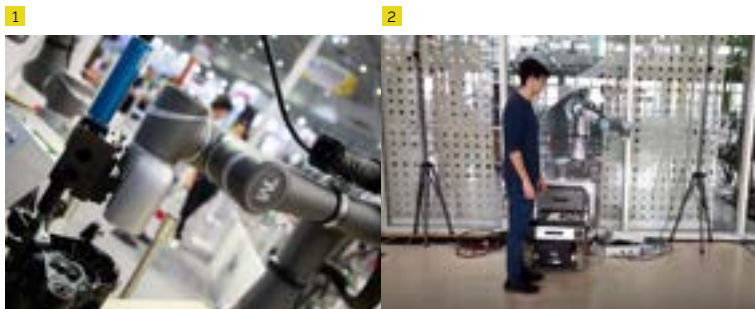
Opis

W przejściu w kierunku Przemysłu 5.0 interakcja człowiek-robot ewoluuje poza fizyczną współpracę, obejmując interakcję poznawczą, intuicyjną kontrolę oraz real-time ludzkie wzmocnienie. W sektorze produkcji mebli oznacza to roboty i systemy AI zaprojektowane tak, by dostosowywać się do potrzeb, umiejętności i intencji człowieka, zamiast wymagać od pracowników adaptacji do maszyny.

1 *Ramię współpracujące robotów Techman wykonuje operacje wkręcania śrub za pomocą zintegrowanego systemu sztucznego widzenia do automatycznego montażu. Źródło: Robot-Techman*

W świetle tego pierwszego podejścia robotyki do Przemysłu 5.0 jest konieczność współpracy z ludźmi. Roboty współpracujące to te, które spełniają normy ISO10218 i ISO TC 15066. Są to roboty zaprojektowane tak, by ograniczać ich siłę i energię uderzeniową. W przeciwieństwie do tradycyjnych robotów przemysłowych (które zwykle działają za ogrodzeniami bezpieczeństwa), coboty wyposażone są w czujniki siły i funkcje ograniczające ruch, dzięki czemu mogą bezpiecznie dzielić miejsce pracy z ludźmi. Do najważniejszych cech, które należy rozważyć w przypadku tych robotów, należą ładowność, zasięg i powtarzalność, aby ułatwić ciężkie zadania wymagające precyzji.

Robotyka współpracująca jest konieczna, ale niewystarczająca dla wymagań robotyki w Industry 5.0. Robotyka musi być wyposażona w zdolność inteligentnego rozumowania, co zapewnia człowiekowi stałą świadomość sytuacyjną środowiskową. Robotyka poznawcza wykorzystuje obecny kontekst AI jako rozwijającej się technologii do interpretacji działań człowieka, danych środowiskowych i kontekstu produkcyjnego, umożliwiając adaptacyjne zachowania (np. dostosowywanie siły w



Trudność implementacji: **Niski**Opłacalność ekonomiczna: **Średnio-wysokie**

Interakcja człowiek-robot (HRI) W przemyśle meblarskim

zależności od twardości materiału lub wykrywania wad, jednocześnie informując człowieka).

W tym momencie warto podkreślić znaczenie raportowania nieinwazyjnego w połączeniu z dostarczaniem ludziom kompleksowych informacji środowiskowych i zamiarów maszyn. Strategie takie jak Looming umożliwiają operatorom wizualny obraz planów ruchów robota, nadchodzących ruchów i zamiarów (projekcje świetlne na miejsce pracy), zapewniając, że zawsze wiedzą, co robot zamierza zrobić, co zmniejsza niepewność i stres.

2 Robot współpracujący UR5 firmy Universal Robots testuje strategię Looming. Człowiek może obserwować projekcje świetlne na ziemi, aby poznać intencje ruchu robota. *Własne źródło.*

Inną strategią interakcji robot-człowiek jest integracja konwersacyjnej sztucznej inteligencji. Modele przetwarzania języka naturalnego umożliwiają operatorom zadawanie pytań robotowi, wydawanie instrukcji lub żądanie wyjaśnień w naturalnym języku mówionym, co ułatwia intuicyjną i dostępną kontrolę. Takie podejście zapewnia, że operatorzy są zawsze świadomi nadchodzących działań robota, minimalizując tym samym niepewność i stres.

Interakcja człowiek-robot polega również na wyposażeniu operatora w umiejętności i możliwości do sterowania robotem. Osiąga się to poprzez uproszczenie sterowania robotami. Dotyczy to automatycznego generowania trajektorii robotów na podstawie formatów wizualnych części lub złożonego mebla. Jest to skuteczne rozwiązanie dla operacji obróbki powierzchni, gdzie ścieżka jest automatycznie generowana z pliku CAD.

3 Symulacja automatycznego systemu generowania trajektorii, który programuje ścieżki. OnRobot

Innym podejściem, które można przyjąć, jest ułatwienie dostępu do programowania procesów. Programowanie blokowe to wizualna i prowadzona metoda planowania kolejności zadań, które mają wykonać robot. Ta metodologia pozwala operatorom bez specjalistycznego szkolenia generować programy, które robot jest w stanie interpretować i wykonywać.

4 Programowanie robotów oparte na blokach z KUKA do nauczania. Źródło KUKA



Zastosowanie

Robotyka współpracująca i poznawcza ma bezpośrednie zastosowanie w sektorze produkcji mebli ze względu na dużą swobodę ruchu oferowaną przez 6 osi (standard), obciążenie, które mogą unieść, (5-10 kg) oraz powtarzalność. Jednocześnie zapewniają większe bezpieczeństwo pracownikowi, ponieważ mogą kontrolować go z określonej odległości, gdzie nie są narażeni na niebezpieczne lub brudne warunki.

Niektóre zadania w branży meblarskiej, do których robotyka współpracująca może być zastosowana:

- Obróbka drewna: Frezowanie robotyczne oferuje ogromną elastyczność w porównaniu z innymi formami automatyzacji frezowania. Strategie takie jak Looming mogą zwiększyć bezpieczeństwo i pewność w interakcji człowiek-robot. Z drugiej strony, konfiguracja frezarki może być bardziej przyjazna dla operatora, jeśli jest wizualnie zaprogramowana.
- Szlifowanie i obróbka powierzchni: Wielką zaletą stosowania robotów do szlifowania jest konsystencja wykończenia powierzchni, które zapewniają. Robotyka współpracująca pozwala programować ścieżkę robota poprzez nauczanie, a robot za każdym razem przesuwając ścierne medium po powierzchni materiału w ten sam sposób. Zadania te można wykonywać wydajniej dzięki automatycznym procesom generowania ścieżki narzędzia, które przesuwają się po powierzchni elementu poprzez wpisanie CAD elementu.
- 9** Robot Dobot-Robots CR5 wyposażony w głowicę szlifierską wykonuje adaptacyjne szlifowanie powierzchni przy użyciu stałej kontroli siły. Źródło: Dobot-Robots.
- Malowanie i powłoka: Roboty malarskie to doskonała opcja, która poprawi efektywność malowania mebli. Podobnie jak w przypadku szlifowania, trajektoria robota do malowania może być automatycznie generowana na podstawie CAD powierzchni do malowania.
- 10** Robot współpracujący Universal Robots wykonuje zadanie malowania proszkowego na metalowej konstrukcji. Źródło: Uniwersalne roboty
- Montaż komponentów: Coboty mogą pomagać w trzymaniu, ustawianiu lub wkręcaniu elementów mocujących. W praktyce coboty mogą wykonywać powtarzalne kroki (np. wkładanie kołka, mocowanie zawiasów), podczas gdy ludzie wykonują precyzyjne regulacje. Zaawansowane ramy planowania pokazują obiecujące zastosowania mieszanych linii montażowych człowiek-robot w fabrykach mebli. Dzięki nawigacji głosowej opartej na sekwencyjnych poleceniach w języku naturalnym można było

Interakcja człowiek-robot (HRI) w przemyśle meblarskim

poprawić efektywność i ergonomię składania mebli.

11 *Cobot Omron z zintegrowanym systemem wizualnym do automatycznej kontroli jakości, głównie skupiającym się na wykrywaniu anomalii. Źródło: Strona internetowa Omron, UNIKA Use Case.*

- Inspekcja: Roboty mogą być integrowane z systemami widzenia, skanerami ultrasonograficznymi i innymi czujnikami. To przyspiesza proces inspekcji mebli.
- Skalowanie wymiarowe: Wielką zaletą wykorzystania robotów do produkcji mebli jest ich duża przestrzeń robocza. Możesz powiększyć powierzchnię roboczej niemal każdego robota, po prostu dodając osi zewnętrzne. Jest to bardzo przydatne przy pracy z dużymi meblami, ułatwiając skalowanie i skracając czas w porównaniu z innymi formami automatyzacji.
- Paletyzacja: Istnieją już rozwiązania paletyzujące, w których ludzie i współpracujące roboty współdziałają, zapewniając większe bezpieczeństwo i precyzję przy odbieraniu i umieszczeniu. Wizualne markery wyświetlane na miejscu pracy dają operatorowi większą pewność siebie i bezpieczeństwo.

12 *Robot KUKA z ramieniem do obsługi materiałów drewnianych*



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Niski

Ekosystem większości robotów współpracujących został zaprojektowany z myślą o szybkim i łatwym wdrożeniu. Ponieważ te roboty są zazwyczaj małe, często są mocowane bezpośrednio do stołów warsztatowych. Sterownik robota jest również zazwyczaj niewielki w porównaniu do sterowników przemysłowych. Większość producentów zapewnia dostęp do samouczków do samodzielnej nauki, ale także szkolenia z zakresu rozdawania do służby. Środowisko programistyczne robota współpracującego do wykonywania prostych operacji, np. ruchów i akcji pick & place, jest bardzo przyjazne dla użytkownika.

Ponadto roboty współpracujące są programowane w standardowy sposób poprzez demonstrację, przesuwać robotą ręcznie do punktów zainteresowania. Robot powtarza ruchy. Przede wszystkim większość z nich posiada systemy programowania graficznego, które odchodzą od tradycyjnego programowania tekstowego i upraszczają cały proces.

Większość robotów współpracujących ma ekosystem sprzętowo-programowy podobny do sklepu z aplikacjami dla telefonów komórkowych. Kupujesz konkretny sprzęt (np. chwytak), montujesz go na robocie, pobierasz oprogramowanie z repozytorium i instalujesz je

bezpośrednio, a robot jest gotowy do pracy. Nie musisz nic konfigurować; System robi to automatycznie.

Opłacalność ekonomiczna: Średnio-wysokie

Opłacalność ekonomiczna wdrażania robotów współpracujących w przemyśle produkcji mebli jest średnio-wysoka, ze względu na równowagę między początkowymi kosztami a korzyściami operacyjnymi. Przy cenach od 25 000 do 50 000 € coboty mogą automatyzować powtarzalne zadania bez konieczności przeznaczania wyjątkowo zasobów bezpieczeństwa (klatek bezpieczeństwa, aktywnych elementów bezpieczeństwa itp.) wyjątkowo na ich eksploatację, co zwiększa wydajność i zmniejsza liczbę urazów związanych z pracą. Ich łatwość programowania i elastyczność dostosowania się do różnych procesów sprawiają, że są opłacalne w średnim okresie, zwłaszcza w środowiskach produkcyjnych o zmiennych lub dostosowanych na zamówienie.

Robot przemysłowy kosztuje 33% za robota + 33% za urządzenia peryferyjne i dodatkowe elementy + 33% za programowanie i uruchomienie. Robot współpracujący może zmniejszyć potrzebę korzystania z urządzeń peryferyjnych i programowania. Szacuje się, że przy użyciu robotyki współpracujących sceny spadek wynosi 27,5%.

Czynniki ludzkie

Integracja robotów współpracujących (cobotów) w produkcji mebli znacząco zmienia sposób, w jaki pracownicy ludzie wchodzi w interakcje z technologią, zadaniami i ze sobą nawzajem. Chociaż coboty zostały zaprojektowane do bezpiecznej pracy w pobliżu ludzi, początkowe wahanie pracowników jest powszechne, często wynikające z nieznaności, postrzeganych zagrożeń lub obaw przed utratą miejsc pracy. Rozwiązanie tych problemów wymaga przejrzystej komunikacji, demonstracji praktycznych oraz jasnego wyjaśnienia, jak coboty wspierają (a nie zastępują) ludzkie role. Z psychologicznego punktu widzenia coboty muszą być postrzegane jako pomocni towarzysze, a nie jako natrętne maszyny. Pracownicy, którzy czują się zaangażowani w wdrożenie i mogą wpływać na sposób integracji cobotów, są bardziej skłonni zaakceptować i zaakceptować tę technologię.

Zaufanie jest budowane poprzez konsekwentne zachowanie cobotów, wyraźne sprzężenie zwrotne (np. sygnały wzrokowe lub słuchowe) oraz dobrze określone strefy bezpieczeństwa. Co ważne, coboty muszą spełniać przepisy bezpieczeństwa takie jak ISO 10218 i ISO/TS 15066, które definiują wymagania dotyczące bezpiecznej interakcji fizycznej oraz ograniczeń siły w współpracy człowiek-robot. Regularna interakcja i stopniowe przekazywanie zadań pomagają pracownikom z czasem zbudować znajomość i pewność siebie.

Operatorzy muszą być szkoleni nie tylko w technicznych aspektach programowania i nadzorowania kobotów, ale także w zakresie wspólnego planowania zadań i pod-

stawowego rozwiązywania problemów. Nowoczesne coboty często korzystają z przyjaznych, niskokodowych interfejsów lub programowania opartego na gestach, co skraca krzywą uczenia się, jeśli jest odpowiednio prowadzone.

Poprzez zrzucanie obciążeń fizycznie wymagających lub powtarzalnych zadań, coboty zmniejszają zmęczenie, zapobiegają urazom układu mięśniowo-szkieletowego i umożliwiają starszym lub mniej sprawnym pracownikom pozostanie aktywnymi uczestnikami. Jednak te ergonomiczne korzyści muszą być wzmocnione przez właściwy projekt stanowiska pracy. Środowiska współpracy powinny być współprojektowane z udziałem operatorów, aby zapewnić komfort, płynność zadań i widoczność. Złe zaplanowane układy mogą powodować zamieszanie lub problemy z bezpieczeństwem.

Ostatecznie coboty odnoszą największe sukcesy, gdy postrzegane są nie jako zastępców, lecz jako osoby umożliwiające bardziej zrównoważone, bezpieczne i bardziej satysfakcjonujące środowisko pracy.

■ Czynniki środowiskowe

Wdrożenie robotów współpracujących (cobotów) w przemyśle produkcji mebli rodzi istotne kwestie środowiskowe zarówno na poziomie miejsca pracy, jak i w całym cyklu życia produktu. Jeśli chodzi o natychmiastowe warunki pracy, przestrzeń fizyczna jest kluczowym czynnikiem: coboty wymagają wystarczającej przestrzeni do bezpiecznej interakcji z ludźmi, dostępu do narzędzi i materiałów. Kompaktowe i elastyczne rozwiązania montażowe (podłoga, stół, sufit) pomagają optymalizować układ w warsztatach o ograniczonej przestrzeni. Oświetlenie i widoczność również odgrywają istotną rolę, szczególnie w przypadku kobotów korzystających z systemów wizualnych, gdzie stabilne oświetlenie poprawia dokładność i redukuje marnotrawstwo materiałów spowodowane błędami inspekcyjnymi lub przeróbkami. Pył z obróbki drewna, wraz z wysoką wilgotnością lub temperaturą, może wpływać na czujniki i połączenia, wymagając ochrony lub konserwacji zapobiegawczej.

Z perspektywy cyklu życia wpływ cobotów na środowisko obejmuje kilka etapów. Wydobycie materiałów do metali (np. aluminium, stal) oraz pierwiastków ziem rzadkich (np. neodymu) wiąże się z dużym śladem ekologicznym. Faza produkcji jest energochłonna,

natomiast w fazie użytkowania coboty mogą poprawić efektywność zasobów poprzez redukcję marnotrawstwa i umożliwienie przepływów just-in-time. Jednak robotyka oparta na AI często polega na centrach danych i infrastrukturach chmurowych, które również zużywają znaczną ilość energii i wody. Co więcej, coboty ostatecznie przyczyniają się do powstawania e-odpadów; Ich złożona konstrukcja mechatronika może skomplikować demontaż i recykling.

pozytywną stroną jest to, że integracja robotyki poznawczej opartej na AI umożliwia precyzyjniejsze planowanie ruchu i zachowania adaptacyjne, co minimalizuje niepotrzebne ruchy, redukuje zużycie energii i poprawia wykorzystanie materiałów. Aby wdrażać się w prawdziwie zrównoważonym systemie, postępujemy w energooszczędnych procesorach, neuromorficznych układach scalonych oraz optymalizacji AI na brzegu są niezbędne, aby zmniejszyć ślad środowiskowy inteligentnych systemów robotycznych.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Robotyka współpracująca jest głównie regulowana przez normy ISO 10218-1/2 oraz ISO/TS 15066, które określają wymagania bezpieczeństwa dla robotów przemysłowych i współpracujących. ISO 10218 definiuje ogólne wytyczne dotyczące bezpiecznego projektowania i eksploatacji, natomiast ISO/TS 15066 uzupełnia te wymagania dla zastosowań współpracy, określając limity siły, ciśnienia i bezpiecznego kontaktu robota z człowiekiem. Instalacja robota współpracującego wymaga globalnej certyfikacji, obejmującej robota, narzędzia i oprogramowanie. Istnieją firmy specjalizujące się w certyfikowaniu użytkowania cobotów zgodnie z obowiązującymi standardami, wykonywaniu pomiarów fizycznych i sprawdzaniu, czy dozwolone limity nie zostały przekroczone.

5



6



7



8



Interakcja człowiek-robot (HRI) w przemyśle meblarskim



Rozwiązania



Zautomatyzowana komórka szlifierska

Mirka + Uniwersalne Roboty

Finlandia / Dania ↔

Elastyczne rozwiązanie szlifowania oparte na cobotach, zaprojektowane do wykańczania powierzchni w produkcji drewna i mebli. System bezproblemowo integruje elektryczną szlifierkę Mirki z ramionami współpracującymi Universal Robots, oferując programowalne, powtarzalne ruchy. Obsługuje szybką zmianę narzędzi, regulowaną kontrolę ciśnienia oraz kompatybilność z różnymi rodzajami papieru ściernego, co czyni go idealnym do płaskich i zakrzywionych powierzchni mebli.



Interfejs NoCode do programowania robotycznego w assemblerze

YK-Robotics

Włochy ↔

To robotyczne rozwiązanie do klejenia i dozowania jest zoptymalizowane do procesów montażu drewna i mebli. Posiada interfejs obiektowy NoCode, który umożliwia proste, intuicyjne i elastyczne programowanie komórek robotów. Zarówno deweloperzy, jak i operatorzy maszyn mogą tworzyć i modyfikować programy bez wcześniejszego doświadczenia w programowaniu, co umożliwia szybkie dostosowanie do nowych geometrii produktów lub klejów.



Robotyczne przetwarzanie materiałów mebli

Zręczność

Stany Zjednoczone ↔

Dexterity oferuje roboty oparte na AI do skomplikowanych zadań związanych z manipulacją materiałami, takich jak zbieranie, paletyzacja i sortowanie masywnych mebli. Roboty te działają bezpiecznie razem z ludźmi, dostosowują się w czasie rzeczywistym do nieprzewidywalnych środowisk i wymagają minimalnego wysiłku integracyjnego. Ich zręczne ramiona i systemy percepcji radzą sobie z nieregularnymi lub delikatnymi przedmiotami z precyzją.



Programowanie robotyczne sterowane przez AI

Programowanie robotyczne sterowane przez AI

Kanada ↔

RoboDK to potężna platforma do programowania offline i symulacji robotów przemysłowych. Pozwala użytkownikom importować modele CAD, definiować ścieżki narzędzi oraz generować programy robotyczne bez przerywania produkcji. Zastosowania obejmują spawanie, frezowanie, malowanie, inspekcję oraz system pick-and-place, z funkcjami wspieranymi przez AI do optymalizacji ścieżki i unikania kolizji.



Multisensing Inteligentny Asystent Robotyczny (MAiRA) dla mebli

Neura Robotics

Niemcy ↔

MAiRA to kompleksowy robot poznawczy, który łączy widzenie komputerowe, sztuczną inteligencję, percepcję środowiskową oraz kontrolę głosu i gestów. W produkcji mebli zajmuje się szlifowaniem, wierceniem, klejeniem i inspekcją, dostosowując się do zmieniających się materiałów i kształtów. Umożliwia bezpieczną, intuicyjną współpracę człowiek-robot bez ogrodzenia, poprawiając jakość i elastyczność na hali produkcyjnej.



Akcelerator AI

Universal Robots (z firmą macierzystą Teradyne

Robotics i Mobile Industrial Robots - MiR), we

współpracy z NVIDIA (platforma robotyczna

IsaacTM)

Stany Zjednoczone ↔

Coboty wyposażone w AI zyskują zdolność uczenia się, adaptacji i podejmowania świadomych decyzji opartych na bodźcach sensorycznych, radząc sobie z trudnymi zadaniami, takimi jak zbieranie różnych przedmiotów z koszy. Coboty lepiej rozumieją otoczenie, planują optymalne ścieżki i wykonują zadania bezpiecznie oraz efektywnie. Na przykład podnośnik paletowy MiR1200 może radzić sobie ze złożonymi wymaganiami magazynowymi i dynamicznymi środowiskami, wykorzystując LiDAR do w pełni autonomicznej nawigacji.



Powłoka natryskowa na duże obiekty z użyciem kamery cobot i 3D

Cefla

Włochy ↔

iGiotto to zaawansowany, 6-osiowy, antropomorficzny robot do powłoki natryskowej, zaprojektowany do wykańczania dużych i skomplikowanych przedmiotów, takich jak drzwi, ramy okienne i różne elementy meblowe. Dzięki opcjonalnemu skanerowi 2D/3D C-Vision może on autonomicznie generować precyzyjne ścieżki natrysku, eliminując konieczność ręcznego programowania i skracając czas ustawienia nawet o 50%. Możliwość natrysku w linii umożliwia kontrolę w czasie rzeczywistym, w tym spowolnienie lub zatrzymanie przenośnika, gdy jest to konieczne.



Przykłady



Alnea

Polska



Meble do pudełka w pudełku na płasko: Robotyczny system pakowania mebli firmy Alnea wykorzystuje zaawansowane widzenie do inteligentnego wybierania i kontroli trajektorii. Cobot integruje rozpoznawanie obrazów oparte na AI, aby lokalizować części, dostosowywać się do ich pozycji i planować ścieżki wolne od kolizji w czasie rzeczywistym. Zapewnia to efektywne i wolne od uszkodzeń pakowanie różnorodnych elementów mebli, zwłaszcza na liniach produkcyjnych o zmiennych możliwościach.



Roboty Techman

Tajwan



Cognitive Cobot do szlifowania: Współpracująca aplikacja szlifowania Techman Robots łączy AI, systemy wizualne i kontrolę sił, aby dostosować się do różnych powierzchni mebli. Te koboty identyfikują kształty obiektów, dynamicznie regulują ciśnienie szlifowania i wykonują precyzyjne trajektorie. Ich wbudowana inteligentna wizja sprawia, że są idealne do automatycznych prac wykańczających drewno w produkcji mebli.



Pickle Robot

Stany Zjednoczone



Robotyczna depaletażacja oparta na AI: Pickle Robot oferuje robotyczne depaletażowanie oparte na sztucznej inteligencji dla ładunków nieustrukturyzowanych, takich jak pudełka meblowe. System wykorzystuje percepcję w czasie rzeczywistym, aby efektywnie identyfikować, chwycić i przenosić mieszane przedmioty. Bez potrzeby wstępnie zdefiniowanych układów umożliwia elastyczne i autonomiczne rozładunki, optymalizując przepływ pracy i operacji w logistyce mebli.



CMA Robotics

Włochy



Automatyczne wykończenie drewna: CMA Robotics wdrożyło zaawansowane systemy robotyczne do automatycznego malowania drewnianych elementów mebli, w tym krzesel, stołów i paneli. Systemy te wykorzystują technologię 3D do precyzyjnej identyfikacji i malowania różnych kształtów, poprawiając jakość wykończenia i efektywność produkcji w branży meblarskiej.



Medienos Era

Litwa



Automatyzacja pakowania na zamówienie: Medienos Era, litewski producent mebli z litego drewna, wdrożył rozwiązanie RoboCut opracowane przez Industrial Robotics Company. Ten system robotyczny umożliwia produkcję indywidualnych opakowań kartonowych na zamówienie, redukując odpady i poprawiając efektywność logistyczną. Technologia ta zapewnia stałą jakość i większą elastyczność w obsłudze różnych wymiarów produktów.



Becker Rumunia (spółka zależna niemieckiej firmy Becker Brakel)

Rumunia



Zadania montażowe: wdrożenie dwóch współpracujących robotów (UR10) współpracujących w celu rozlewania kleju oraz zadań wybierania i składania na linii produkcyjnej z formowanego drewna, z udziałem operatorów pracujących obok dwóch współpracujących robotów. Konfiguracja jest kontrolowana przez zawieszkę nauczyciela, a do programowania zastosowano zdefiniowany program CircleMove; Zdefiniowano zmienne specyficzne dla aplikacji, które oddziałują z operatorami, na przykład ostrzegają je, gdy trzeba zmienić klej



Robotyka przemysłowa

Litwa



Robotyczny stolarz: Rozwiązanie Manufacturing Wood Component Manufacturing firmy Industrial Robotics wykorzystuje 6-osiową komórkę RoboMill wyposażoną w automatyczne zmieniacze narzędzi do wiercenia, frezowania, frezowania i nitowania. Ten elastyczny system robotyczny obsługuje złożone drewniane części ramy. Jego programowalna konfiguracja pozwala na produkcję w małych partiach i zróżnicowaną geometrię, zmniejszając uzależnienie od wykwalifikowanej siły roboczej. Gdy powstają projekty CAD/CAM, operator wystarczy wpisać numer zamówienia i ilość, załadować pustą materiały na przenośnik i uruchomić system. Robotyczny stolarz następnie samodzielnie wykonuje te zadania.

Rozszerzona rzeczywistość w procesach projektowania i prototypowania produktów



Trudność implementacji: **Średnie**Opłacalność ekonomiczna: **Srednio-wysokie**

Rozszerzona rzeczywistość w procesach projektowania i prototypowania produktów



Opis

Rozszerzona Rzeczywistość (XR) obejmuje pełne spektrum technologii immersyjnych, w tym Rzeczywistość Wirtualną (VR), Rzeczywistość Mieszaną (MR) oraz Rzeczywistość Rozszerzoną (AR). W kontekście projektowania mebli i prototypowania technologia XR umożliwia interakcję z cyfrowymi modelami trójwymiarowymi zarówno w środowiskach wirtualnych, jak i fizycznych, zapewniając bardzo realistyczne doświadczenie. Technologia ta opiera się na integracji specjalistycznego sprzętu (zestawy słuchawkowe, kontrolery, czujniki) oraz oprogramowania do tworzenia symulowanych środowisk lub nakładania informacji cyfrowych na rzeczywiste środowiska.

XR oznacza zmianę paradygmatu. Przed jego pojawieniem się projektowanie trójwymiarowych obiektów, takich jak meble, zawsze odbywało się za pomocą płaskich interfejsów — czy to papieru i ołówka, czy myszy i ekranu. Teraz możliwe jest projektowanie mebli bezpośrednio w trzech wymiarach, natychmiastowo i dokładnie weryfikując wymiary, funkcjonalność i ergonomię.

W fazie koncepcyjnej XR pozwala projektantom z dużą dokładnością wizualizować prototyp w pełnej skali, oceniając jego ergonomię, estetykę i funkcjonalność przed przystąpieniem do produkcji fizycznej. Umożliwia także szybkie iterowanie wielu wariantów projektowych, co zmniejsza koszty i skraca czas rozwoju. Użytkownicy mogą wirtualnie przejść się po modelu krzesła, sprawdzić jego proporcje, a nawet zasymulować siedzące, aby sprawdzić komfort kształtu.

Z drugiej strony, rozszerzona rzeczywistość umożliwia interakcję z wirtualnymi obiektami w przestrzeni fizycznej. W projektowaniu mebli na zamówienie klienci mogą używać urządzenia mobilnego lub okularów AR, aby wybrać wykończenia, kolory lub wymiary, oglądając element nałożony na niego w swoim własnym otoczeniu. Podnosi to poziom współtworzenia, ponieważ klient aktywnie uczestniczy w procesie projektowania i proto-

typowania, dostosowując parametry w czasie rzeczywistym i natychmiast wizualizując efekt.

XR naturalnie integruje się z innymi cyfrowymi narzędziami, takimi jak cyfrowe bliźniaki czy Internet Rzeczy (IoT). Na przykład dane z czujników (materiały, naprężenia, opory) można uzyskać i wizualizować w czasie rzeczywistym na immersyjnym modelu 3D. Wspiera to podejmowanie decyzji oparte na danych, minimalizuje błędy i promuje zrównoważony rozwój poprzez unikanie potrzeby fizycznych prototypów w wielu iteracjach.

Ostatecznie Extended Reality przynosi wymierne korzyści branży meblarskiej: szybsze i dokładniejsze prototypy, większą personalizację produktów w zależności od preferencji klienta oraz bardzo elastyczny i współpracujący proces projektowy. Wszystko to skutkuje mniejszym marnotrawstwem, krótszym czasem rozwoju i bardziej satysfakcjonującym doświadczeniem użytkownika końcowego. XR, dzięki swoim immersyjnym i wirtualnym możliwościom manipulacji, jest kluczowym narzędziem w cyfrowej transformacji branży meblarskiej, kierując ją w kierunku modeli biznesowych opartych na innowacjach, efektywności i odpowiedzialności ekologicznej.



Zastosowanie

Extended Reality ma decydujący wpływ na proces projektowania mebli i prototypowania, oferując immersyjną platformę do szybkiego wizualizowania, iteracji i weryfikacji pomysłów bez polegania wyłącznie na fizycznych prototypach. Największą zaletą jest możliwość odtwarzania wirtualnych przestrzeni roboczych, gdzie zespoły projektowe, klienci i inni interesariusze mogą oglądać bardzo szczegółowy i realistyczny model 3D.

Po pierwsze, immersyjne symulacje z wykorzystaniem VR pozwalają na skuteczną ocenę cech formalnych i estetycznych. Meble ożywają w pełnowymiarowej wirtualnej przestrzeni, oferując perspektywy niemożliwe do osiągnięcia tradycyjnymi rysunkami 2D. Pozwala to

5



6



Rozszerzona rzeczywistość w procesach projektowania i prototypowania produktów

na wczesne dostosowanie ergonomii lub wymiarów bez zużycia materiałów czy zasobów na fizyczne prototypy. XR umożliwia także bezpośrednie współtworzenie z klientami. Dzięki AR cyfrowy prototyp może być nakładany na środowisko użytkownika — takie jak salon czy biuro — gdzie kolory, tekstury lub konfiguracje strukturalne mogą być modyfikowane. W ten sposób klient aktywnie definiuje produkt, natychmiast dostrzegając zmiany i oceniając, jak dobrze pasuje on do estetyki i dostępnej przestrzeni. Ta dynamika zwiększa satysfakcję, jednocześnie zmniejszając zwroty i błędy produkcyjne. Inne cechy, takie jak fizyczne sprzężenie zwrotne, różnice w fakturach fizycznych materiałów, a nawet zapachy drewna i innych materiałów, pozostają problemem do rozwiązania, aby osiągnąć jak najpełniejsze zanurzenie i uwzględnić więcej czynników decyzyjnych, które niekoniecznie są obiektywne z inżynierskiego punktu widzenia, a bardziej związane z postrzeganiem emocjonalnym.

Kolejnym kluczowym zastosowaniem jest walidacja funkcjonalna na wczesnych etapach. Wirtualny prototyp może przejść symulowane "testy użycia", aby analizować swoje zachowanie pod różnymi warunkami obciążenia, naprężenia lub ruchu. Po integracji z narzędziami analizy danych i czujników (cyfrowymi bliźniakami) uzyskuje się dokładniejsze odczyty do testów strukturalnych, poprawiając jakość i bezpieczeństwo ostatecznego projektu.

Współpraca to kolejny kluczowy czynnik. Inżynierowie, projektanci i dostawcy mogą jednocześnie łączyć się ze wspólnym środowiskiem VR, aby na bieżąco omawiać i poprawiać aspekty prototypu, niezależnie od lokalizacji. Ta płynna komunikacja ostatecznie usprawnia podejmowanie decyzji, zapobiega nieporozumieniom i wspiera zbiorową kreatywność.

Wreszcie, XR znacząco wpływa na optymalizację zasobów w procesach innowacji produktowych, minimalizując potrzebę wielu fizycznych prototypów. Podczas gdy tradycyjne fizyczne prototypowanie kosztuje od 2 000 do 15 000 dolarów za iterację mebla, wdrożenie XR zmniejsza ten limit o 60-80%, a okres zwrotu zazwyczaj wynosi 8-12 miesięcy dla średniej wielkości firm meblowych. Skrócenie czasu rozwoju wynosi średnio 30-50% na podstawie studiów przypadków branży. Każda wirtualna wersja to konkretny krok w kierunku ostatecznej wersji, z ograniczonym zużyciem materiałów, co nie tylko wspiera zrównoważony rozwój środowiska, ale także łagodzi presję ekonomiczną na początkowych etapach projektowania mebli.



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Wdrożenie XR do projektowania i prototypowania wymaga początkowych inwestycji w sprzęt (słuchawki, specjalistyczne oprogramowanie) oraz szkolenia personelu. Chociaż technologia jest dojrzała, jej integracja z codziennymi rutynami biznesowymi może wiązać się ze zmianami organizacyjnymi i kulturowymi. Konieczne są aktualizacje workflow i koordynacja między zespołami interdyscyplinarnymi (projektantami, inżynierami, programistami). Jednak krzywa uczenia się z czasem spłaszcza: podstawową biegłość VR można zazwyczaj osiągnąć w 2 do 3 tygodni, zaawansowane workflowy projektowe w 2 do 3 miesiące, a pełną integrację zespołu w 4-6 miesięcy, a szkolenie kosztuje około 1 500-3 000 dolarów na projektanta. Rozwiązania komercyjne zazwyczaj oferują kompleksowe wsparcie i najlepsze praktyki dostosowane do MŚP.

Optymalność ekonomiczna: Średnio-wysokie

Pomimo inwestycji w sprzęt i szkolenia, redukcja błędów i fizycznych prototypów szybko uzasadnia koszty. Skracając cykle rozwojowe i umożliwiając większą personalizację, firmy mogą optymalizować zapasy, obniżyć koszty przeróbek i szybko reagować na potrzeby klientów. Wartość dodana dzięki interaktywnym doświadczeniom przyspiesza podejmowanie decyzji i poprawia satysfakcję klienta. W średnim terminie zwrot z inwestycji jest wzmacniany przez bardziej ukierunkowaną sprzedaż i zmniejszenie marnotrawstwa.

Czynniki ludzkie

Integracja technologii XR w procesy projektowania i prototypowania znacząco wpływa na sposób, w jaki zespoły robocze w branży meblarskiej współpracują i działają. Po pierwsze, skuteczne wdrożenie zależy od ciągłego szkolenia i podnoszenia kwalifikacji cyfrowych: projektanci, inżynierowie i operatorzy zakładów muszą zdobyć kompetencje niezbędne do pewnego i skutecznego obsługi urządzeń immersyjnych. Ta krzywa uczenia się pomaga zmniejszyć opór, buduje pewność siebie i umożliwia płynniejszą integrację narzędzi XR z codziennymi rutynami innowacji.

Ponadto VR i AR sprzyjają większej współpracy poprzez udostępnianie wspólnego, wizualnego i interaktywnego języka. Zmniejsza to bariery komunikacyjne między działami, dostosowując zespoły wokół wizualnych prototypów i informacji zwrotnej w czasie rzeczywistym. W efekcie pracownicy stają się bardziej zaangażowani i czują się właścicielami procesu twórczego, widząc, jak

ich wkład materializuje się bezpośrednio w środowisku wirtualnym.

Jednak stosowanie XR wiąże się także z kwestiami ergonomicznymi i zdrowotnymi. Długotrwałe korzystanie z immersyjnych środowisk może prowadzić do zmęczenia oczu, dezorientacji lub choroby lokomocyjnej — dlatego konieczne jest określenie jasnych protokołów użytkowania, takich jak ustalanie przerw między sesjami XR. Warto również zauważyć, że choroba lokomocyjna jest powszechną barierą wdrożenia, która początkowo dotyka 15-25% użytkowników. Podobnie AR wymaga od użytkowników zarządzania uwagą między elementami fizycznymi a wirtualnymi, co wymaga stosowania konkretnych środków bezpieczeństwa, aby uniknąć przeciążenia poznawczego lub wypadków.

Stosowane w sposób skoncentrowany na człowieku, XR może zwiększyć naukę, zaangażowanie i dobrostan — pod warunkiem, że ergonomiczne, poznawcze i organizacyjne aspekty są odpowiednio uwzględnione, aby zapewnić bezpieczne i inkluzywne środowisko pracy.

■ Czynniki środowiskowe

Zastosowanie XR w przemyśle meblarskim pomaga zmniejszyć zużycie materiałów i powstawanie odpadów, ponieważ większość testów i walidacji odbywa się wirtualnie. Nie jest już konieczne wytwarzanie fizycznych prototypów dla każdej iteracji lub wariantu produktu, co zmniejsza ślad węglowy związany z transportem komponentów i utylizacją porzuconych części.

Co więcej, możliwość współtworzenia zdalnie z klientami zmniejsza potrzebę spotkań osobistych i fizycznych próbek. Przekłada się to na mniejsze emisje i mniejszy wpływ logistyczny. Dodatkowo, systemy analizy danych zintegrowane z XR — takie jak cyfrowe bliźniaki i narzędzia symulacyjne — umożliwiają projektowanie mebli według kryteriów ekoprojektowania i efektywności energetycznej, optymalizując zużycie surowców i minimalizując odpady.

Z drugiej strony, z perspektywy cyklu życia, urządzenia wspierające XR obejmują materiały i komponenty o dużym wpływie (np. wyświetlacze zamontowane na głowie (HMD), czujniki, kontrolery, a czasem zewnętrzne komputery lub smartfony), które zawierają mieszankę tworzyw sztucznych, metali, pierwiastków ziem rzadkich (REE) oraz złożonych układów elektronicznych. Te komponenty obejmują procesy wydobywania i produkcji wymagające środowiska. To obciążenie środowiskowe potęguje krótki okres życia wielu konsumenckich urządzeń obsługujących XR, często wymienianych w ciągu

2-3 lat dzięki szybkiemu postępowi technologicznemu. W fazie użytkowania wymagania dotyczące energii różnią się w zależności od systemu, ale ciągłe stosowanie wysokiej klasy HMD i jednostek przetwarzających może prowadzić do znacznego skumulowanego zużycia energii w czasie. Pod koniec życia urządzenia wspierające XR przyczyniają się do rosnącego problemu elektroodpadów, wykorzystując takie elementy jak baterie litowe, wyświetlacze LED i czujniki, które mogą być niebezpieczne, jeśli nie są odpowiednio obchodzone. Krótko mówiąc, XR może zapewnić pozytywną równowagę środowiskową, jeśli zostanie świadomie wdrożona, utrzymując globalny nacisk na oszczędności zasobów i zrównoważone projektowanie.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Projekty XR w projektowaniu mebli muszą najpierw być zgodne z poziomymi ramami zarządzania: ISO 45001 dostarcza system zdrowia i bezpieczeństwa przy pracy, który reguluje ergonomię zestawów słuchawkowych, długość sesji oraz ogólną opiekę; RODO UE reguluje wszystkie dane osobowe zbierane podczas sesji immersyjnych, od kont użytkowników po wszelkie ślady biometryczne, i wymaga oceny wpływu na ochronę danych, gdzie śledzenie oczu lub mapowanie przestrzenne może ujawnić wrażliwe cechy; natomiast ISO 14001 rozszerza tę samą dyscyplinę cyklu życia na wydajność środowiskową, zapewniając, że wirtualne prototypowanie naprawdę kompensuje ślad urządzeń XR na surowce, energię i elektroodpady.

Opierając się na tej podstawie, producenci mebli powinni odwołać się do ISO/IEC 23053:2022 dla całej architektury systemu XR/AI oraz serii IEEE 2048 dla taksonomii urządzeń, opóźnień, formatów mediów i bezpieczeństwa interfejsu użytkownika; Razem stanowią wspólny język dla dostawców i audytorów. W miejscu pracy wytyczne OSHA dotyczące szkoleń wirtualnych traktują szkolenia immersyjne jako "wystarczające" tylko wtedy, gdy wyraźnie poprawiają świadomość zagrożeń, wzmacniając potrzebę przeglądu ryzyka przed wdrożeniem. Wreszcie, sprzęt dostarczany do UE musi spełniać dyrektywy radiowe, EMC i niskonapięciowe oraz nosić znak CE; Pliki techniczne powinny dokumentować zgodność z powyższymi standardami.

Rozszerzona rzeczywistość w procesach projektowania i prototypowania produktów



Rozwiązania



VR Sketch

Baroque Software



Międzynarodowe ↻

Współpracująca wtyczka VR dla SketchUp, która pozwala wielu użytkownikom projektować i edytować modele 3D w immersyjnym środowisku. Przyspiesza walidację i redukuje błędy projektowe, zapewniając wizualizację w czasie rzeczywistym w pełnym wymiarze. Skierowane na wspólną pracę inżynierów i twórców.



Szkielet grawitacyjny

Grupa Gravity Sketch



Wielka Brytania ↻

Profesjonalne oprogramowanie skupiane na immersyjnym modelowaniu 3D. Integruje krzywe NURBS oraz intuicyjne narzędzia w środowiskach VR lub AR, umożliwiając współtworzenie w czasie rzeczywistym. Wykorzystywane w przemyśle meblarskim do tworzenia prototypów i weryfikacji złożonych geometrii przed ostateczną produkcją.



Wzmocnij

Enhance XR



Hiszpania ↻

Platforma do tworzenia rozwiązań e-commerce meblowych z wykorzystaniem technologii 3D i AR. Pozwala użytkownikom interaktywnie dostosowywać meble w czasie rzeczywistym.



Moblo

MYTIforge



Francja ↻

Oprogramowanie wieloplatformowe zaprojektowane do generowania podstawowych modeli mebli do oglądania VR i AR (tylko na urządzeniach mobilnych). Pozwala na podstawowe modelowanie z edytowalnych bloków oraz generowanie bibliotek materiałów. Interfejs jest prosty i elastyczny, ale brakuje mu funkcji wieloużytkownikowych.



ShapesXR

ShapesXR Inc.



Dania ↻

Platforma do projektowania VR umożliwiająca zespołom interdyscyplinarnym tworzenie i iterację prototypów mebli w czasie rzeczywistym. Posiada specjalistyczne ergonomiczne narzędzia pomiarowe, możliwości analizy naprężeń materiałowych oraz symulację biomechaniczną. Kompatybilny z wieloma zestawami VR (Meta Quest, HTC Vive, Pico) i oferuje bezpośredni eksport do oprogramowania produkcyjnego, w tym programowanie CNC oraz przygotowanie do druku 3D.



Przykłady

**Bakken & Bæck**

Norwegia



Technocarpenter – Rzeźbienie mebli w VR: Eksperymentalny projekt wykorzystujący AI i naturalne gesty w środowisku VR do rzeźbienia unikalnych mebli. Użytkownicy kształtują swoje pomysły ruchami ręki, które system przekłada na modele 3D gotowe do druku lub produkcji, zachęcając do współtworzenia i innowacji

**Paolo de Jesus y XR+**

Niemcy-Francja



Krzesełko Myślącej Kobiety: Inicjatywa projektu WORTH Partnership Project polegająca na zaprojektowaniu bujanego fotela do produkcji CNC. Zawiera instrukcje oparte na AR, które prowadzą użytkowników przez asemblery. Immersyjne doświadczenie promuje zaangażowanie i personalizację, oferując bardziej ludzkie i kreatywne podejście do tworzenia mebli

**Damiano Latini & Nicholas Baker**

Włochy



Firma ta wdrożyła VR w procesie projektowania koncepcyjnego i prototypowania. Wyróżniającym się przypadkiem jest "Super Chair", opracowany wspólnie z projektantem Nicholasem Bakerem, w pełni wymodelowany w 3D przy użyciu VR, zanim powstał jakikolwiek fizyczny prototyp.

**Matt Antes i Cullan Kerner**

Stany Zjednoczone



Przewodniczący1: Prototyp fotela wykonany z recyklingu PETG, zaprojektowany w VR, umożliwiający szybkie prototypowanie i wirtualne korekty przed zrównoważoną produkcją za pomocą przemysłowego druku 3D. Zaprojektowane przy użyciu Gravity Sketch.

**UIMAGE ApS**

Dania



Umage Rozszerzona Rzeczywistość: Aplikacja AR do współtworzenia i prototypowania wirtualnych wnętrz. Ich strona internetowa posiada funkcję AR, która pozwala użytkownikom oglądać lampy i meble UIMAGE w rzeczywistej skali w ich własnych domach przed zakupem.

**Roche Bobois**

Francja



Mah Jong 3D: aplikacja mobilna umożliwiająca użytkownikom cyfrowe tworzenie i personalizację kompozycji sofy Mah Jong, wybieranie konfiguracji modułów oraz stosowanie różnych tkanin (w tym Jean Paul Gaultier, Kenzo Takada, Missoni itd.), a następnie wizualizację efektu w 3D i AR.

**IKEA**

Szwecja



W 2017 roku IKEA wprowadza IKEA Place, które ułatwia podejmowanie decyzji zakupowych we własnym miejscu, inspirację i wypróbowanie różnych produktów, stylów i kolorów w realnych sytuacjach, przesuwając palcem po urządzeniu Apple.

**Natuzzi Italia**

Włochy



Natuzzi Augmented Store: Największy włoski producent mebli wdrożył kompleksowe rozwiązanie XR o nazwie "Augmented Store" we współpracy z Microsoft i Hevolus Innovation. Korzystając z Microsoft HoloLens 2, klienci wchodzi do cyfrowo wyrenderowanej wersji swojego domu w VR, aby wizualizować i personalizować meble Natuzzi. Koncepcja rozszerzonego sklepu łączy immersję VR z wizualizacją domu AR i została wdrożona w ponad 1000 lokalizacjach Natuzzi na całym świecie.



Opis

Rozszerzona Rzeczywistość (XR) obejmuje zestaw immersyjnych technologii, które łączą świat fizyczny i cyfrowy. Obejmuje trzy główne gałęzie: Wirtualna Rzeczywistość (VR), Rozszerzona Rzeczywistość (AR) oraz Rzeczywistość Mieszana (MR), każda oferująca różny stopień immersji i interakcji.

Rzeczywistość wirtualna (VR)

Wirtualna Rzeczywistość w pełni zanurza użytkowników w trójwymiarowym środowisku cyfrowym dzięki dedykowanym zestawom słuchawkowym lub okularom. Technologia ta jest szczególnie odpowiednia do symulacji warsztatów stolarskich lub linii produkcyjnych mebli, umożliwiając zdobywanie złożonych umiejętności w bezpiecznym i kontrolowanym środowisku. Operatorzy mogą ćwiczyć konkretne ruchy, obsługiwać narzędzia wirtualne i wykonywać procedury krok po kroku bez ryzyka fizycznego i marnotrawstwa materiałów. Interakcja w symulowanym środowisku umożliwia odtwarzanie rzeczywistych ćwiczeń, w tym ocenę wyników na podstawie sukcesów i błędów. Szkolenia oparte na VR okazują się cenne zarówno jako podstawowe szkolenie, jak i podnoszenie kwalifikacji lub przekwalifikowanie w procesach mechanicznych lub zautomatyzowanych. Badania branżowe wykazały, że szkolenia VR znacząco poprawiają zapamiętywanie wiedzy (do 80%) i przyspieszają zdobywanie umiejętności w porównaniu z tradycyjnymi metodami. Ponadto umożliwia rejestrowanie metryk postępu, identyfikację typowych błędów oraz dostosowywanie treści szkoleniowych do indywidualnego tempa nauki każdego pracownika. ¹

Rzeczywistość rozszerzona (AR)

Rozszerzona rzeczywistość nakłada cyfrowe informacje na rzeczywiste środowisko, dostępne przez przezroczyste inteligentne okulary lub urządzenia mobilne. Jest szczególnie cenny w procesach montażu, konserwacji

1



2



Trudność implementacji: **Średnie**
 Optymalność ekonomiczna: **Wysoki**

Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości do szkoleń i podnoszenia kwalifikacji w branży meblarskiej

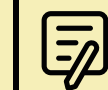
i kontroli jakości, gdzie precyzja w czasie rzeczywistym jest niezbędna. Instrukcje krok po kroku mogą być wyświetlane bezpośrednio na meblach lub maszynach, prowadząc operatora przez zadania za pomocą kontekstowych wskazówek. Dzięki zintegrowanym kamerom trenerzy lub eksperci techniczni mogą udzielać zdalnej pomocy, obserwując pole widzenia pracownika i wysyłając zsynchronizowane wsparcie wizualne. AR umożliwia również interakcję z zakotwiczonymi modelami 3D w fizycznym miejscu pracy, poprawiając zrozumienie struktur, komponentów lub sekwencji operacyjnych. Ponadto ułatwia samodzielną naukę w pracy, ponieważ zasoby dydaktyczne są dostępne bezpośrednio w środowisku pracy bez przerywania działań produkcyjnych. Ponadto AR umożliwia łatwe i szybkie cyfrowe aktualizacje treści dydaktycznych, zmniejszając potrzebę drukowanych instrukcji i umożliwiając szybsze rozpowszechnianie zmian procesowych ²

Rzeczywistość mieszana (MR)

Rzeczywistość mieszana stanowi zaawansowane połączenie VR i AR, umożliwiając integrację interaktywnych obiektów wirtualnych z otoczeniem fizycznym w czasie rzeczywistym. W przeciwieństwie do VR, MR nie izoluje użytkownika, lecz wzbogaca otoczenie kontekstową treścią cyfrową. Stosuje się go za pomocą dwóch głównych typów urządzeń: przezroczystych gogli optycznych (np. HoloLens) oraz nieprzezroczystych zestawów wyposażonych w zewnętrzne kamery (np. Meta Quest 3, Apple Vision Pro). MR umożliwia operatorom pracę z rzeczywistymi maszynami, jednocześnie otrzymując wirtualne instrukcje nałożone na ich pole widzenia. Wskazówki mogą obejmować podświetlanie konkretnych obszarów, wyświetlanie schematów montażu lub wydawanie wizualnych alertów bezpieczeństwa. W kontekstach projektowania i nadzoru MR umożliwia walidację prototypów, weryfikację wymiarową oraz wspólny przegląd w czasie rzeczywistym bez zakłócania przepływów produkcyjnych. Wybór zestawu zależy od wymaganego poziomu szczegółowości oraz charakteru zadania, od lekkiego nadzoru po zaawanso-

wane symulacje techniczne. MR wzmacnia także zdalną współpracę, umożliwiając wielu użytkownikom jednoczesną interakcję z tym samym modelem cyfrowym z różnych lokalizacji.

Łącznie te trzy technologie oferują szerokie spektrum rozwiązań szkoleniowych, dostosowanych do różnych profili zawodowych w branży meblarskiej (od operatorów hali produkcyjnej po projektantów technicznych), co ma duży wpływ na efektywność, bezpieczeństwo i standaryzację procesów. ³



Zastosowanie

Przemysł meblarski, charakteryzujący się wysoce ręcznymi procesami i specjalistycznym rzemiosłem, coraz częściej wykorzystuje technologie rozszerzonej rzeczywistości (XR) jako kluczowe narzędzia do szkolenia pracowników i ciągłego rozwoju umiejętności technicznych.

Wirtualna rzeczywistość (VR) umożliwia symulację rzeczywistych środowisk pracy, takich jak warsztaty stolarskie, linie montażowe czy układy maszyn CNC bez konieczności użycia materiałów fizycznych. Dzięki zestawom VR pracownicy mogą ćwiczyć złożone zadania, takie jak składanie mebli, obsługa elektronarzędzi czy programowanie zautomatyzowanych maszyn w w pełni immersyjnym i bezpiecznym środowisku. To zmniejsza ryzyko zawodowe. Firmy wdrażające szkolenia VR zgłaszają spadek liczby urazów w miejscu pracy nawet o 70%, ponieważ pracownicy mogą bezpiecznie wykonywać operacje wysokiego ryzyka wirtualnie. Minimalizuje także zużycie zasobów i skracają krzywe uczenia się.

Rozszerzona rzeczywistość (AR) okazuje się szczególnie skuteczna w zadaniach montażowych i konserwacyjnych. Dzięki przezroczystym inteligentnym okularom lub urządzeniom mobilnym pracownicy mogą wizualizować instrukcje krok po kroku nakładane bezpośrednio na fizyczne komponenty. Ułatwia to naukę w czasie

3



4



5



6



Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości do szkoleń i podnoszenia kwalifikacji w branży meblarskiej

rzeczywistym bez konieczności ciągłego nadzoru i zwiększa dokładność w operacjach powtarzalnych lub precyzyjnych. W sektorze meblowym jest to szczególnie przydatne przy montażu złożonych konstrukcji, procedurach kontroli jakości oraz dostosowaniach indywidualnych.

Rzeczywistość mieszana (MR) idzie o krok dalej, pozwalając elementom wirtualnym na interakcję ze środowiskiem fizycznym. Na przykład uczestnik może obejrzeć trójwymiarowy model mebla wyświetlony na rzeczywistości powierzchni, manipulować nim wirtualnie i lepiej zrozumieć jego strukturę przed rozpoczęciem fizycznej konstrukcji. Dodatkowo, wideo MR (Video See-Through) może symulować całe scenariusze operacyjne, takie jak zarządzanie linią produkcyjną, umożliwiając bezpośrednią interakcję między rzeczywistym a cyfrowym środowiskiem.

Technologie te mogą być szczególnie skuteczne w następujących procesach:

- Szkolenia z obsługi maszyn CNC i specjalistycznych narzędzi.
- Montaż i montaż modułowych komponentów.
- Kontrola jakości wspierana przez instrukcje prowadzone.
- Projektowanie i personalizacja produktów dla produkcji na żądanie.

Projektanci przemysłowi mogą wykorzystywać VR do szybkiej iteracji nad prototypami 3D, oceniając proporcje, materiały i funkcjonalności mebli w immersyjnych środowiskach, unikając tym samym potrzeby fizycznych makiet. Ta zaawansowana wizualizacja wspiera również wspólny przegląd modeli przed techniczną walidacją. ⁴

W środowisku zakładowym instruktorzy mogą korzystać z AR do standaryzacji procedur, wyświetlając wizualne instrukcje bezpośrednio na stanowisku pracy, zapewniając spójne, praktyczne szkolenia do montażu, cięcia lub obróbki. Jest to szczególnie korzystne przy wdrażaniu nowych pracowników lub zarządzaniu wewnętrznymi rotacjami personelu, pozwalając operatorom śledzić każdy etap bezpośrednio nad rzeczywistymi komponentami. ⁵

Tymczasem MR jest szczególnie korzystny dla średniozaawansowanych profili technicznych oraz kierowników produkcji. Tacy specjaliści mogą korzystać z cyfrowych modeli linii montażowych, identyfikować wąskie gardła lub sugerować usprawnienia procesów bez zakłócania rzeczywistej działalności. MR może być również wykorzystywane do weryfikacji spersonalizowanych konfiguracji produktu przed montażem fizycznym. ⁶



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Integracja XR w branży meblarskiej jest wykonalna, choć wymaga inwestycji w sprzęt, oprogramowanie i szkolenia pracowników. VR do szkoleń pracowników jest stosunkowo łatwe do wdrożenia przy użyciu istniejących rozwiązań rynkowych, a staje się bardziej złożone, gdy potrzebne są dostosowane, niegeneryczne rozwiązania specyficzne dla poszczególnych firm. MR i AR mogą stanowić większe wyzwania implementacyjne niż VR ze względu na potrzebę synchronizacji środowiska w rzeczywistym świecie. Zasoby przeznaczone na przygotowanie zasobów i symulacji muszą być brane pod uwagę, aby systemy były rentowne w średnim terminie. Jak w przypadku każdej ekonomii skali, wpływ tych rozwiązań i aktualizacji metodologicznych na działalność jest jednym z największych czynników ryzyka przy wdrażaniu nowych narzędzi, zarówno fizycznych, jak i cyfrowych.

Optymalność ekonomiczna: Wysoki

Zastosowanie XR w sektorze meblowym może znacząco obniżyć koszty projektowania i produkcji, zminimalizować błędy oraz zapobiegać wypadkom w pracy. Firmy, które wdrażają MR, AR i VR do szkoleń i podnoszenia kwalifikacji, mogą osiągnąć znaczne wzrosty efektywności procesów, co uzasadnia początkową inwestycję (szczególnie w przypadku firm o dużych wolumenach produkcji i rotacji pracowników). Koszt niektórych urządzeń jest stosunkowo niski, a wdrożenie jest proste, korzystając z istniejących gotowych rozwiązań.

Czynniki ludzkie

Wdrożenie rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości (AR/VR) w branży meblarskiej wprowadza zestaw kluczowych czynników ludzkich, które wpływają na skuteczną implementację.

Jednym z głównych aspektów jest krzywa uczenia się użytkownika związana z technologiami immersyjnymi, szczególnie dla pracowników niezaznajomionych z wyświetlaczami na głowie (HMD), nawigacją przestrzenną czy interakcją opartą na gestach. Bez odpowiedniego szkolenia i kontaktu pracownicy mogą czuć się dezorientowani lub oporni wobec korzystania z wirtualnych środowisk.

Dyskomfort, zmęczenie lub cyberchoroba — zwłaszcza w środowiskach VR — mogą stanowić wyzwanie dla długotrwałego użytkownika, zwłaszcza jeśli ergonomia lub kalibracja nie są odpowiednio uwzględniane. Podkreśla

to potrzebę wysokiej jakości, ergonomicznie zaprojektowanego sprzętu oraz spersonalizowanych protokołów użytkownika (np. długość sesji, postawa siedzenia, regulacja wizualne).

Zaangażowanie pracowników to kolejny kluczowy czynnik. Jeśli pracownicy postrzegają AR/VR jako oderwane od rzeczywistych potrzeb operacyjnych lub jako kolejny "eksperyment technologiczny", ich motywacja do jego przyjęcia może spaść. Z kolei gdy pracownicy angażują się wcześniej — na przykład w tworzenie treści lub testowanie scenariuszy — ich zaangażowanie znacznie rośnie.

Zaufanie do treści wirtualnych jest również kluczowe. Niedokładne lub słabo kontekstualizowane symulacje zmniejszają zaufanie i mogą prowadzić pracowników do powrotu do tradycyjnych metod. Utrzymanie wysokiej wierności w wizualizacjach i interakcji poprawia nie tylko immersję, ale także pewność użytkowników co do wartości technologii.

Co więcej, rozwiązania AR/VR powinny być inkluzywne. Rozwiązania muszą uwzględniać różne zdolności fizyczne i poznawcze u użytkowników, takich jak osoby z wadami wzroku lub zmniejszoną zręcznością. Obejmuje to regulację rozmiaru czcionki, złożoności interfejsu oraz trybów interakcji (np. sterowanie głosowe vs. ręczne).

Wreszcie, wdrożenie AR/VR wymaga zmiany kulturowej. Zachęcanie do eksperymentowania, tworzenie cyfrowych piaskownic do ćwiczeń oraz promowanie nauki rówieśniczej pomagają zmniejszyć lęk i zwiększyć pewność siebie. Menedżerowie odgrywają kluczową rolę, przedstawiając narzędzia immersyjne jako pomoc w pracy, a nie jako systemy monitorowania wydajności. Dzięki strategii projektowania i wdrażania skoncentrowanej na człowieku, technologie AR/VR mogą stać się potężnymi czynnikami wspierającymi wzmocnienie pracowników, uczenie się operacyjne oraz środowiska dbające o zdrowie.

■ Czynniki środowiskowe

Wdrożenie technologii XR do szkoleń, podnoszenia kwalifikacji i przekwalifikowania w branży meblarskiej może znacząco przyczynić się do zrównoważonego rozwoju środowiska, pod warunkiem wdrożenia odpowiedzialnego użytkownika. Jedną z głównych zalet środowiskowych XR w uczeniu przemysłowym jest jego zdolność do zastąpienia intensywnego użycia materiałów fizycznych immersyjnymi środowiskami wirtualnymi. Pracownicy mogą szkolić się w zakresie projektowania, prototypowania, montażu lub prac konserwacyjnych, nie zużywając rzeczywistych zasobów, takich jak drewno, okucia, kleje czy powłoki. Dzięki interaktywnym symulacjom można popełniać błędy, powtarzać procesy oraz

oceniać wiele scenariuszy bez generowania odpadów czy zużycia surowców.

Wykorzystanie XR w szkoleniach technicznych umożliwia także lepsze planowanie operacji zakładów i warsztatów, optymalizację przepływów pracy oraz wykorzystanie maszyn, narzędzi i przestrzeni produkcyjnych. Może to ograniczyć niepotrzebne podróże, zminimalizować zużycie energii oraz zmniejszyć emisje wynikające z logistycznych lub zdecentralizowanych działań szkoleniowych stacjonarnych, które często obejmują podróże między miejscami lub interwencje specjalistycznego personelu technicznego na miejscu.

Ważne jest również uwzględnienie śladu środowiskowego infrastruktury wymaganej do rozrządów XR. Produkcja i konserwacja zestawów słuchawkowych, czujników, kontrolerów i serwerów obejmuje plastik, metale i materiały elektroniczne o dużym wpływie na środowisko (np. surowce krytyczne, pierwiastki ziem rzadkich itp.) i często trudno je poddać recyklingowi pod koniec ich żywotności, co przyczynia się do niepomijalnego wpływu ekologicznego. Dodatkowo, intensywne przetwarzanie graficzne i ciągły transfer danych mogą prowadzić do zwiększonego zużycia energii podczas użytkowania, jeśli nie są zarządzane efektywnymi strategiami zasobowymi. Również renderowanie w chmurze, środowiska wieloosobowe, synchronizacja danych w czasie rzeczywistym oraz środowiska wspierane przez AI wymagają wsparcia dla centrów danych i edge computing, które są dużymi odbiorcami energii elektrycznej i wody.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Technologie XR stosowane w sektorze meblowym muszą być zgodne z normami bezpieczeństwa pracy, takimi jak ISO 45001, umożliwiając realistyczne szkolenia z zakresu identyfikacji zagrożeń i zapobiegania ryzykom, zapewniając bezpieczne warunki pracy nawet w ramach symulacji wirtualnych. Technologie te mogą również wspierać zgodność z normami środowiskowymi, takimi jak certyfikaty FSC czy PEFC, umożliwiając cyfrowe systemy śledzenia i wizualizację cykli życia materiałów. Ponadto szkolenia techniczne oparte na XR mogą pomóc wzmocnić zgodność ze standardami jakości oraz przepisami dotyczącymi zapobiegania ryzykom zawodowym.

Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości do szkoleń i podnoszenia kwalifikacji w branży meblarskiej



Rozwiązania



XR Streaming do stolarstwa

Grupa Felder

Austria ↔

Wykorzystanie XR do szkolenia operatorów w obsłudze maszyn CNC, skracając krzywą uczenia się i poprawiając efektywność produkcji.



Szkolenie SimLab XR dla mebli

SimLab Soft

Niemcy ↔

Symulator montażu mebli oparty na VR i AR, umożliwiający operatorom praktyczne szkolenie przed zajęciem się materiałami fizycznymi.



Symulator stolarstwa VR

UP360

Kanada ↔

Symulator rzeczywistości wirtualnej pozwala pracownikom ćwiczyć narzędzia i techniki stolarskie w bezpiecznym i kontrolowanym środowisku.



Szkolenie malarzy SimSpray VR

VRSim, Inc

Stany Zjednoczone ↔

Simspray oferuje łatwe w obsłudze szkolenia z malowania i powłok opartych na symulacjach. Ucz procesów HVLP, bezpowietrznych lub bezpowietrznych z wspomaganie powietrza. Oszczędzaj czas, ograniczaj odpady i przyspieszaj szkolenia dzięki immersyjnej technologii VR.



Przewodniki Dynamics 365 dla szkolenia techników drzewnych

Microsoft

Stany Zjednoczone ↔

Aplikacja Mixed Reality do prowadzenia szkoleń i pracy pracowników / studentów na rzeczywistych maszynach w środowisku pracy. Holograficzne, trójwymiarowe prompty prowadzą techników podczas wykonywania zadań na fizycznych materiałach i maszynach. Tworzenie treści na zamówienie, wewnętrzne jest łatwe i szybkie; oprogramowanie jest kompatybilne z różnymi zestawami słuchawkowymi XR.



KIT-AR - KIT-Assist i wgląd

KIT-AR

Portugalia / Wielka Brytania ↔

Zestaw przemysłowych narzędzi do rozszerzonej rzeczywistości mających na celu dostarczanie instrukcji krok po kroku 3D oraz analizy procesów.



Simuladores de Realidad Virtual para Formación Profesional

VRFP

Hiszpania ↔

Symulator zaprojektowany do nauczania prawidłowego korzystania z maszyn stolarskich, dzięki któremu uczniowie uczą się rozpoznawać części piły ukośnej, piły stołowej i piły taśmowej, a także funkcje każdego z tych narzędzi.



Przykłady

**Fologram**

Australia



Demonstracja stolarstwa w mieszanej rzeczywistości:

Projekt AR i VR mający na celu usprawnienie montażu prefabrykowanych komponentów w stolarstwie i budownictwie. Dzięki platformie Twinbuild praktykanci stolarski mogą składać złożone drewniane konstrukcje, korzystając z wirtualnego wsparcia i wsparcia w czasie rzeczywistym.

**Laboratorium Technologii Interfejsu****Ludzkiego (HITLab) – Howest****University of Applied Sciences**

Belgia



Woodcraft VR to edukacyjna aplikacja wirtualnej rzeczywistości dostępna dla Meta Quest, gdzie użytkownicy mogą nauczyć się podstawowych technik stolarskich i wirtualnie pracować z narzędziami ręcznymi w symulowanym warsztacie.

**Innoarea Projects S.L**

Hiszpania



VR to projekt wirtualnej rzeczywistości opracowany w celu szkolenia profesjonalistów z branży drzewnej i meblarskiej w zakresie obsługi określonych maszyn. Umożliwia bezpieczne symulowanie środowisk przemysłowych i wzmacnia szkolenia techniczne poprzez immersyjne scenariusze.

**Grupa SCM**

Włochy



SCM Maestro Smartech AR to bezprzewodowe urządzenie o rozszerzonej rzeczywistości, które pozwala technikom efektywnie, nawet zdalnie, wykorzystując transmisję wideo na żywo do zdalnych techników; ręce-free data visualization and interaction; two-ways sharing of blueprints, schematics, and checklists; real-time annotations, text & voice communication from remote team. ▶

**Akademia Artwood**

Włochy



Szkolenie z zakresu rzeczywistości mieszanej dla studentów obróbki drewna w ArtwoodAcademy. Projekt MR, opracowany we współpracy z Dynamics 365 Guides i Hololens2, do szkoleń terenowych w zakresie obsługi maszyn stolarskich, takich jak CNC i opaski krawędziowe. Stosując się do instrukcji wideo, tekstowych i holograficznych 3D, technicy mogą korzystać z maszyn w czasie rzeczywistym: wskazówki i instrukcje prowadzą uczniów w wykonywaniu standardowych procedur, zwykłej konserwacji i rozwiązywaniu problemów. ▶

**JYSK**

Dania



W 2023 roku detalista meblowy JYSK uruchomił "The Right Sales Attitude" – realistyczne wirtualne narzędzie szkoleniowe oparte na WebVR, które zanurza personel sklepu w interaktywnych, grywalizowanych scenariuszach klientów, aby poprawić umiejętności sprzedażowe i obsługi klienta.

**CETEM-EU**

Hiszpania



XR4Crafts. Opracowanie materiałów szkoleniowych z wykorzystaniem rozszerzonej rzeczywistości XR wraz z rękawicami haptycznymi do symulacji procesów produkcyjnych i budowlanych, takich jak: stolarstwo, malowanie ścienne, budowa dachów oraz montaż płytujących desek podłogowych.

4



Opis

Inteligentne materiały, znane również jako inteligentne lub responsywne materiały, to rozwiązania inżynierskie, których właściwości mogą zmieniać się w kontrolowany sposób pod wpływem zewnętrznych bodźców, takich jak naprężenia mechaniczne, ciśnienie, wilgoć, pola elektryczne lub magnetyczne, światło, temperatura czy określone substancje chemiczne.

W dziedzinie mebli i projektowania zwiększają funkcjonalność i elastyczność, poprawiając wydajność i wspierając zrównoważone rozwiązania.

Materiały te można podzielić na trzy główne grupy na podstawie cech konstrukcyjnych i operacyjnych, z których każda wnosi unikalne korzyści dla ewolucji mebli.

Pierwsza grupa inteligentnych materiałów to te uzyskane dzięki **konstrukcjom inżynierskim**. Ta kategoria obejmuje wszystkie materiały o "inteligentnej" strukturze, które zostały zaprojektowane do lepszej reakcji na naprężenia mechaniczne, na przykład w tekstyliach, piankach czy kompozytach; lub na światło, na przykład w powierzchniach manipulowanych za pomocą grzewienia laserowego form, aby kontrolować odbicia i transmisję światła. Inne przykłady to tkaniny na miejsca siedzące z tkanin; pianki inżynierskie (memory, drewnażowe itp.) oraz inne rozwiązania do wyściółki; oraz wszystkie **metamateriały**, sztucznie zaprojektowane tak, aby miały właściwości wynikające z ich wewnętrznej struktury, a nie składu chemicznego. Metamateriały można uzyskać za pomocą struktur drukowanych w 3D, co służy do wzmocnienia, redukcji masy oraz wymiany piankowych materiałów wyściółkowych.

Drugą kategorią są **materiały przewodzące**. Mogą one posiadać wbudowane lub drukowane układy, które ułatwiają integrację mebli z szerszą infrastrukturą inteligentnych domów. Poprzez osadzanie przewodzących tuszów, folii lub płytek drukowanych, meble mogą pełnić rolę interaktywnych komponentów, pełniących funkcję interfejsów sterujących, stacji ładowania lub węzłów



Trudność implementacji: **Srednie**Opłacalność ekonomiczna: **Srednio-wysokie**

Inteligentne funkcjonalności zastosowane w sektorze meblarskim

akwizycji danych, zwiększając wygodę i zaangażowanie użytkownika w technologicznie zintegrowanym środowisku domowym. Na przykład stoły biurowe i blaty można przekształcić w powierzchnie sterujące poprzez integrację właściwości przewodzących z zazwyczaj niepojemnościowymi materiałami, takimi jak drewno czy płyty ceramiczne.

Przewodność pomaga także tworzyć "infrastrukturę" dla czujników i siłowników, zapewniając dynamiczną reakcję na dotyk, taką jak haptyczne sprzężenie zwrotne, pozwalając meblom reagować na bodźce, oferując dotykowe doznania, które mogą wzbogacić doświadczenia w wirtualnej rzeczywistości lub relaksacyjnym.

Wreszcie, szersza grupa **powłok funkcjonalnych i dodatków** ma być może najciekawsze cechy dla branży meblarskiej. Są one od naprawde inteligentnych materiałów, które aktywnie i odwracalnie reagują na bodźce zewnętrzne, takie jak materiały o zmianie fazy, po materiały o pasywnych funkcjach o dodatkowej wartości, np. powierzchnie anty-odciskowe (anti-fingerprint).

Powłoki te i dodatki mogą zapewniać ochronę, dekorację i funkcjonalne wzmocnienie podłoża, oferując szereg interesujących cech, takich jak hydrofobiczność, ochrona przed plamami, odporność na zarysowania, antystatyczność, zachowanie termochromowe, fotoluminescencja, właściwości samoregeneracyjne, kontrola światła i temperatury, antybakteryjne, miękkie w dotyku, kolor, specjalne efekty estetyczne i wiele innych.

Dodatki są często dodawane podczas procesu formułowania, aby poprawić właściwości materiału. Inteligentne dodatki mogą przyczynić się do zaawansowanych funkcji, takich jak regulacja temperatury i szybkie schnięcie. Materiały o zmianie fazy (PCM) regulują temperaturę tapicerki i ściółki, odwracając się w stan pochłaniania i uwalniania ciepła, zapobiegając przegrzewaniu. Węgiel aktywowany zintegrowany z tkaninami zapewnia absorpcję zapachu i szybkie schnięcie. Nanotechnologia zwiększa powierzchnię węgla aktywnego, umożliwiając szybkie rozpraszanie i parowanie wilgoci.

Powłoki nakładają się na powierzchnię materiału, gdzie przylegają do podłoża. Często powłoki mogą przynosić zarówno funkcjonalne, jak i estetyczne korzyści powierzchniom. Na przykład powłoka może zapewnić hydrofobowe, ultramatowe, miękkie wykończenie oraz zdolność samonaprawczej mikrozadrapań.

- 1 *Elastyczna elektronika umożliwiająca funkcjonalność (miękkie przetaczniki, czujniki) powierzchni tkanin, skóry, fornirow – producent: Loomia* ⇄
- 2 *Ilustracja potencjalnych cech inteligentnej powierzchni dotykowej (obraz materialny)*
- 3 *Termochromowe pigmenty i barwniki firmy Olikrom* ⇄
- 4 *Termoświeża pianka poliuretanowa z funkcją zmiany fazy firmy Pelma* ⇄
- 5 *System tkanin pochłaniających zanieczyszczenia theBreath®* ⇄



Zastosowanie

Praktyczne zastosowania inteligentnych materiałów w projektowaniu mebli obejmują szeroki zakres obszarów, oferując innowacyjne rozwiązania poprawiające funkcjonalność, komfort, estetykę i zrównoważony rozwój.

W **siedzeniach, tapicercei pościeli** wykorzystywane są inteligentne materiały przede wszystkim w celu poprawy komfortu i ergonomii. Materiały te zostały zaprojektowane tak, aby wspierać ciało i efektywnie rozkładać ciężar ciała lub zmniejszać potrzebę tradycyjnego wyściółka. W sektorze pościeli stosuje się pianki regulujące temperaturę, które zawierają materiały zmiennofazowe, które pochłaniają i uwalniają ciepło oraz utrzymują idealną temperaturę do snu.

Jeszcze nie jest szeroko dostępna, ale obiecująca na przyszłość, rozwija **inteligentne absorbery akustyczne**. Te innowacyjne materiały będą w stanie dynamicznie dostosowywać swoje właściwości absorpcyjne w odpowiedzi na otaczające środowisko dźwiękowe i mogą potencjalnie przyczynić się do stworzenia inteligentnego wnętrza akustycznego.

Kolejnym aspektem ogólnego dobrostanu wnętrza jest **jakość powietrza wewnątrz**. Produkty wielowarstwowe o strukturze kanapkowej zawierają ukryte elementy wewnętrzne, które zatrzymują zanieczyszczenia z systemów grzewczych lub produktów chemicznych. Wszelstronność tych produktów pozwala na ich stosowanie w budynkach komercyjnych i mieszkalnych oraz przyczynia się do zdrowszego środowiska. Zostały zaprojektowane tak, aby łączyć funkcjonalne elementy z dekoracyjną, konfigurowalną powierzchnią i nadają się



Inteligentne funkcjonalności zastosowane w sektorze meblarskim

jako przegrody między pomieszczeniami, zastony i pokrycia mebli. Inteligentne materiały są również wykorzystywane do poprawy **interakcji i łączności** w domu, biurach, sklepach i miejscach publicznych. Wielofunkcyjne, zintegrowane z czujnikami powierzchni są stosowane na blatach stołów i kuchni, oferując intuicyjne, dotykowe sterowanie oświetleniem i multimediami, płynnie łącząc technologię z codziennymi meblami.

W **handlu meblowym** inteligentne półki wyposażone w czujniki ciśnienia mogą monitorować zapasy w czasie rzeczywistym oraz dostosowywać oświetlenie lub układ ekspozycji w zależności od ruchów klientów. W **przestrzeniach publicznych** interaktywne instalacje — z responsywnymi powierzchniami lub dynamiczną estetyką — mogą angażować użytkowników w znaczący sposób, wzbogacając środowisko.

W przypadku mebli **ogrodowych** powłoki hydrofobowe odpychają wodę i plamy, ułatwiając czyszczenie i poprawiając trwałość — co jest szczególnie ważne w miejscach o dużym natężeniu ruchu lub na narażonym powietrzu. W meblach **kuchennych** wykończenia hydrofobowe i oleofobiczne nie tylko ułatwiają konserwację, ale także wydłużają trwałość powierzchni, obniżając koszty konserwacji.

W projektowaniu **oświetlenia** konstrukcyjne przezroczyste powierzchnie inteligentne mogą modulować transmisję światła, redukować odbłaski i dynamicznie dostosowywać się do różnych potrzeb oświetleniowych zarówno w zastosowaniach domowych, jak i komercyjnych.

Z estetycznego punktu widzenia inteligentne materiały oferują zarówno piękno, jak i funkcjonalność. Powłoki antyodciski palców zachowują klarowność na błyszczących lub metalicznych wykończeniach, podczas gdy powierzchnie mikro- lub nanostrukturalne mogą tworzyć efekty zmieniające kolor, które zamieniają statyczne meble w wizualnie dynamiczne elementy.

Zrównoważony rozwój to również kluczowy punkt. Poprzez zwiększenie trwałości i zmniejszenie potrzeby wymiany inteligentnych materiałów, inteligentne materiały pomagają zmniejszyć wpływ na środowisko. Polimery samonaprawiające, na przykład, mogą autonomicznie naprawiać rysy, pęknięcia lub drobne pęknięcia, wydłużając żywotność produktu i zmniejszając ilość odpadów. Jest to zgodne z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym i wspiera bardziej zrównoważone praktyki projektowe.

W bardziej futurystycznej perspektywie, stacje robocze **do pozyskiwania energii** z materiałami piezoelektrycznymi mogłyby przekształcać energię mechaniczną z pisania lub ruchu w energię elektryczną, która może być wykorzystywana do uruchamiania urządzeń wbudowanych lub ładowania elektroniki — wprowadzając efektywność energetyczną bezpośrednio do przestrzeni roboczej.

6 *Łóżko z baldachimem, gdzie interaktywne funkcje związane z rozrywką, zdrowiem i dobrym samopoczuciem są kontrolowane za pomocą aplikacji (Hi-interiors) ⇄*

7 *Podkładka biurkowa z powłoką antybakteryjną wzbogaconą grafenem (Deskpad ⇄ Secondo Piano autorstwa Giulio Iacchetti dla Danese Milano, powłoka grafenowa Directa Plus) ⇄*



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Integracja inteligentnych materiałów w projektowaniu mebli wymaga wiedzy z zakresu nauki o materiałach i inżynierii. Producenci muszą inwestować w badania i rozwój, aby w pełni zrozumieć właściwości i zachowania tych zaawansowanych materiałów. Dostosowanie procesów produkcyjnych, zapewnienie trwałości i utrzymanie bezpieczeństwa użytkownika może być wyzwaniem. Podczas gdy niektóre rozwiązania są gotowe do natychmiastowego zastosowania, inne wymagają dodatkowych etapów produkcyjnych. Materiały przewodzące, często będące częścią większych systemów, wymagają starannej integracji z technologiami IoT i sterowania domem, aby zapewnić płynną komunikację i funkcjonalność.

Optymalność ekonomiczna: Średnio-wysokie

Koszty włączenia inteligentnych materiałów są zazwyczaj wyższe ze względu na koszty badań i rozwoju oraz materiałów. Jednak w wielu przypadkach różnica w cenie w finalnym produkcie nie jest aż tak istotna (np. nano-powierzchnie przeciwko odciskom palców, które można naprawić vs standardowy laminat). Ponadto wraz z postępem technologii i wzrostem produkcji, koszty mają spadać, co poprawi wykonalność ekonomiczną.



Wreszcie, inteligentne rozwiązania, takie jak RFID dla logistyki, mogą przynieść korzyści w dłuższej perspektywie.

■ Czynniki ludzkie

Integracja inteligentnych materiałów w projektowaniu mebli znacząco wpływa zarówno na użytkowników końcowych, jak i na siłę roboczą zaangażowaną w produkcję.

Dla użytkowników meble dostosowane do indywidualnych potrzeb zwiększają komfort i ergonomię, co prowadzi do lepszego samopoczucia i satysfakcji. Funkcje takie jak samonaczyszczające się powierzchnie i łatwe do czyszczenia powłoki zmniejszają koszty konserwacji, co przyczynia się do lepszego doświadczenia użytkownika.

Te funkcje są intuicyjne, dzięki czemu użytkownicy mogą je bezproblemowo zaadaptować.

Rosnąca integracja urządzeń komunikacyjnych z naszym codziennym życiem prawdopodobnie przyczyni się do większej oferty inteligentnych, połączonych mebli i domotycznych wnętrz. Jednak wprowadzenie wbudowanej elektroniki i czujników może wymagać wsparcia, aby zapewnić skuteczne i bezpieczne wykorzystanie.

Oceniając integrację inteligentnych materiałów, ważne jest, aby zauważyć, że sektor mebli i tapicerki jest tradycyjnie konserwatywny, a użytkownicy mogą opierać się złożoności lub zmianom w swoich nawykowych interakcjach z przedmiotami.

Stosowanie zasad projektowania skoncentrowanego na użytkowniku może ułatwić tę transformację i sprzyjać szerszej akceptacji.

Współpraca między projektantami, inżynierami i zespołem produkcyjnym staje się coraz ważniejsza, aby zapewnić, że wdrożenie inteligentnych materiałów jest zgodne z zamierzeniami projektowymi i możliwościami produkcyjnymi.

Dla pracowników w sektorze wdrożenie inteligentnych materiałów wymaga podnoszenia kwalifikacji, aby radzić sobie z nowymi materiałami i technologiami.

Programy szkoleniowe powinny obejmować wiedzę techniczną oraz aspekty współpracy i bezpieczeństwa, sprzyjając wzajemnemu zrozumieniu między wydziałami.

Dodatkowo, protokoły bezpieczeństwa w miejscu pracy mogą wymagać aktualizacji, aby przeciwdziałać nowym zagrożeniom związanym z tymi materiałami.

Wczesne zaangażowanie pracowników, integracja nowych, bardziej cyfrowych profili oraz jasna komunikacja na temat celu i korzyści płynących z inteligentnych materiałów mogą zmniejszyć opór i zwiększyć zaangażowanie w proces transformacji.

■ Czynniki środowiskowe

Ogólnie rzecz biorąc, większość inteligentnych materiałów wykorzystuje rzadsze materiały i są bardziej skomplikowane w produkcji, zużywając więcej energii i zasobów, co często skutkuje większym śladem środowiskowym w porównaniu z konwencjonalnymi materiałami. Ze względu na ich złożony skład — taki jak stosowanie dodatków chemicznych, powłok czy status niszowych materiałów, takich jak stopy pamięciowe kształtu — wiele inteligentnych materiałów nie jest obecnie kompatybilnych z ustalonymi kanałami recyklingu. Przewodzące materiały używane do integracji elektroniki są częścią kompletnych systemów, składających się z wielu komponentów, takich jak płytki drukowane, przewody połączone z elastycznymi podkładami, lutowane połączenia, kleje, szwy i warstwy izolacyjne, co jeszcze bardziej komplikuje recykling.

Ponadto produkty zawierające takie komponenty elektryczne lub elektroniczne mogą być sklasyfikowane jako WEEE (odpady elektryczne i elektroniczne) i mogą wymagać separacji, przetwarzania i utylizacji w ten sposób.

Z drugiej strony, niektóre inteligentne materiały mogą pomóc zmniejszyć zużycie energii i emisję dwutlenku węgla w budynkach, np. zapewniając materacom świeższe uczucie dzięki PCM bez potrzeby klimatyzacji, ale należy zweryfikować globalną równowagę.

Przeprowadzenie oceny cyklu życia (LCA) może dostarczyć cennych informacji na temat ogólnego wpływu wydobycia, produkcji, utylizacji oraz zużycia energii związanego z każdym konkretnym inteligentnym materiałem.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Obecnie nie ma konkretnych regulacji dotyczących inteligentnych materiałów w meblach. Jednak produkty muszą spełniać ogólne normy bezpieczeństwa (GPSR), chemikaliów (REACH, RoHS) oraz elektrycznych (LVD, EMC), jeśli elektronika jest zintegrowana. Organy normalizacyjne, takie jak **ISO**, **CEN**, **IEC** i **ASTM**, opracowują ramy dla inteligentnych systemów w innych sektorach, które mogą obejmować także meble. Projektanci powinni oceniać bezpieczeństwo, trwałość i wpływ na środowisko materiałów, a także zapewnić zgodność z przepisami przy integracji czujników, oświetlenia lub funkcji pozyskiwania energii.



Rozwiązania



Kratownice i materiały piankowe (konstrukcje inżynierskie)

EcoLattice

Wielka Brytania, Indie ⇄

Konfigurowalne struktury kratownicowe i piankowe, które powstają dzięki zaawansowanym procesom wytwarzania addytywnego z wykorzystaniem recyklingowanego TPU. W zależności od rodzaju użytego polimeru, te lekkie i oddychające struktury mogą być elastyczne lub sztywne, twarde lub miękkie, a ich złożona struktura również przyczynia się do absorpcji dźwięku. Zastosowania obejmują amortyzowanie, osłony do wyposażenia, akcesoria oraz oświetlenie.



Powierzchnia dotykowa (przewodząca)

Loxone

Austria, Global ⇄

Powierzchnia dotykowa to niewidzialny przycisk, który pozwala integrować elementy sterowania dotykowego bezpośrednio z twardymi meblami i powierzchniami, dzięki czemu może przekształcać blaty, stoły oraz inne powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne, tworząc inteligentne elementy do sterowania funkcjami automatyki domowej, takimi jak światło, dźwięk, cieniowanie, ogrzewanie i chłodzenie.



Spersonalizowane inteligentne tkaniny (przewodzące)

Embro GmbH

Niemcy ⇄

Niestandardowe inteligentne tkaniny, tworzone z wykorzystaniem technologii haftu, integrujące przewodniki elektryczne z podłożami tekstylnymi. Zastosowania obejmują czujniki ciśnienia i ruchu, elementy grzewcze, diody LED oraz interfejsy dotykowe, dzięki czemu tkaniny są odpowiednie do produkcji mebli oraz innych sektorów.



Dom® Tempotest (Powłoki funkcjonalne i dodatki)

Parà

Włochy ⇄

Tkaniny meblowe z odpornym na promieniowanie UV, hydrofobowym wykończeniem, które również ułatwia usuwanie substancji olejowych. Niedawno wykończenie zostało zaktualizowane i obecnie wolne od substancji per- i polifluoroalkilowych (PFAS), które są obecnie oceniane przez program REACH i mają zostać ograniczone w UE.



Inteligentne tekstylia regulujące temperaturę (powłoki funkcjonalne i dodatki)

Outlast Technologies GmbH

Niemcy ⇄

Zaawansowane inteligentne tekstylia wyposażone w mikrokapsułkowane materiały o zmianie fazy (PCM), które proaktywnie zarządzają ciepłem i wilgocią. Pierwotnie opracowana dla NASA, technologia ta pochłania, magazynuje i uwalnia nadmiar ciepła ciała, utrzymując stabilny mikroklimat. Badania wskazują na potencjalne zmniejszenie pocenia się nawet o 48%, co prowadzi do bardziej spokojnego snu.



Przykłady

**Arper**

Włochy



Podstawowy projekt stołu podkreśla Fenix, ultramatowy materiał powierzchniowy pokrywający blat. Laminat łączy szereg cech reagujących na zmysły wzrokowe (stabe światło refleksyjne, ultramatowy wygląd), haptkę (miękki dotyk) z właściwościami niskimi w utrzymaniu (wodoodporność, wykończenie antyodciski palców) oraz możliwość termicznego gojenia powierzchniowych mikrozadrapań.

**TPBtech**

Australia



Wielofunkcyjna powierzchnia zawierająca niewidoczną płytę indukcyjną. Wysoce odporna powierzchnia porcelanowo-ceramiki jest pokryta warstwą aluminium odprowadzającą ciepło i zawiera dotykowy system sterowania wbudowany w powierzchnię płyty indukcyjnej. Może być używany jako powierzchnia do krojenia, gotowania i nakładania na talerz, a także jako blat stołowy.

**Cassina**

Włochy



Łóżko wyposażone jest w materiały wspierające zdrowie.

Oczyszczanie powietrza realizowane jest za pomocą tkaniny TheBreath®, opatentowanej technologii wychwytyjącej i rozkładającej zanieczyszczenia, aby sprzyjać naturalnej cyrkulacji czystego powietrza; natomiast komfort akustyczny osiąga się poprzez zastosowanie paneli pochłaniających dźwięk Soundfil®, wykonanych z recyklingu, higienicznego materiału, zdolnych do redukcji częstotliwości dźwięku drgań.

**Bauformat**

Niemcy

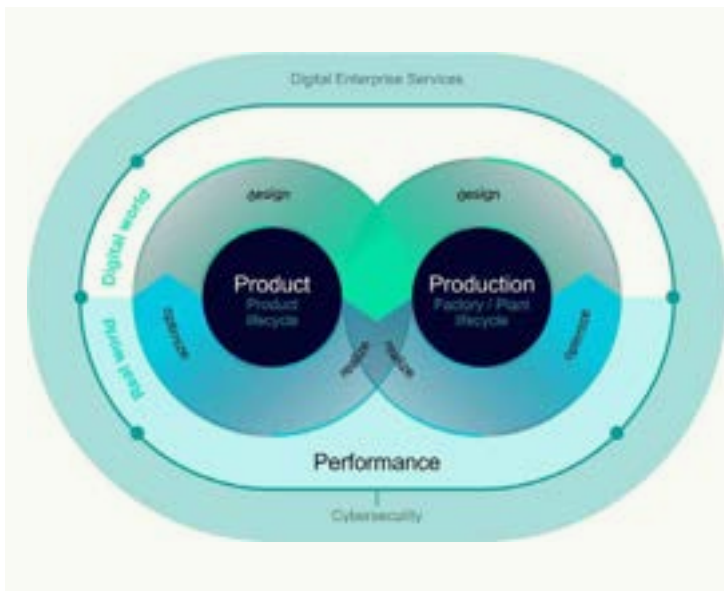


Producent kuchni wykorzystuje inteligentne materiały, takie jak samonawracające się powierzchnie, termoaktywne laminaty oraz wykończenia antybakteryjne. Materiały te reagują na bodźce takie jak temperatura i wilgotność, zwiększając trwałość i higienę mebli kuchennych. Dodatkowo integrują technologie takie jak zautomatyzowane oświetlenie i inteligentne rozwiązania magazynowe, optymalizując funkcjonalność i efektywność przestrzeni kulinarnej.

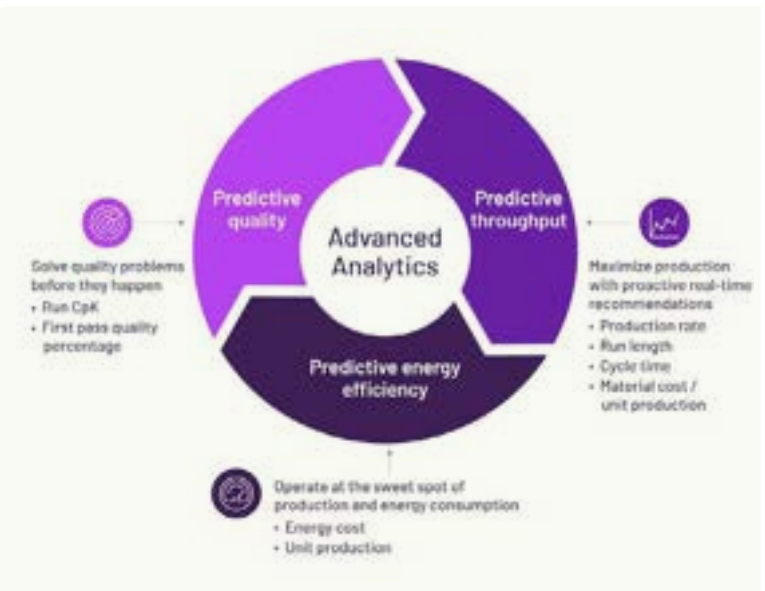
Usprawnić procesy rozwoju produktów dzięki wdrażaniu technologii cyfrowych bliźniaków



1



2



Trudność implementacji: **Średnie**
 Optymalność ekonomiczna: **Wysoki**

Usprawnić procesy rozwoju produktów dzięki wdrażaniu technologii cyfrowych bliźniaków



Opis

Firmy żyją lub umierają dzięki swojej zdolności do tworzenia i wprowadzania nowych produktów. W tym kontekście firmy dążą do poprawy swoich możliwości w zakresie rozwoju produktów cyfrowych, postrzegając te technologie jako sposób na przyspieszenie cykli projektowania i inżynierii, jednocześnie obniżając koszty poprzez optymalizację procesów badawczo-rozwojowych.

Podejścia do tworzenia produktów cyfrowych również szybko się rozwijają, bazując na postępach w mocy obliczeniowej, podejściach analitycznych i sztucznej inteligencji. Doprowadziły one do powstania cyfrowych bliźniaków (DT): cyfrowych replik obecnych lub przyszłych produktów, które mogą symulować wszystkie cechy swoich fizycznych odpowiedników. Interakcja z produktem lub jego modyfikacja w przestrzeni wirtualnej może być szybsza, łatwiejsza i bezpieczniejsza niż w rzeczywistości.

1 *Elastyczna i wydajna produkcja (SRC ↔)*

Liderzy rozwoju produktu oczekują, że DT przyspieszą procesy rozwoju produktu i poprawią wyniki, jednocześnie obniżając koszty. Wdrożenie DT w branży meblarskiej **usprawnia projektowanie i prototypowanie poprzez tworzenie wirtualnych replik produktów**, co pozwala producentom testować i udoskonalać projekty, ograniczając marnotrawstwo i przyspieszając rozwój. Integrując dane w czasie rzeczywistym z urządzeń IoT i czujników, DT **optymalizują procesy produkcyjne**,

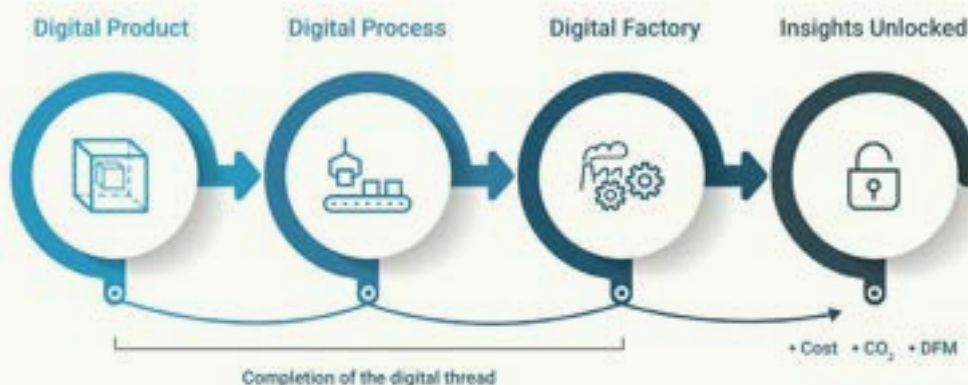
umożliwiając predykcyjną konserwację i minimalizując przestoje. Umożliwiają także **symulację i przewidywanie scenariuszy**, pomagając firmom przewidywać problemy i oceniać różne rozwiązania przed wprowadzeniem rzeczywistych zmian. Dodatkowo DT **promują zrównoważony rozwój** poprzez redukcję zużycia materiałów i energii poprzez efektywne testy wirtualne i optymalizację.

Firma dysponująca solidną platformą cyfrowych bliźniaków może natomiast przeprowadzić kompleksowe symulacje pełnego produktu w środowisku wirtualnym, zanim klient zatwierdzi jakikolwiek proponowany projekt. Ponieważ złożone maszyny zazwyczaj wykorzystują kombinację istniejących i nowo zaprojektowanych elementów, firmy mogą prowadzić bibliotekę modeli cyfrowych bliźniaków kluczowych komponentów, łącząc je z modelami nowych części, tworząc pełny cyfrowy bliźniak. Ten bliźniak może być użyty do prezentacji proponowanego rozwiązania klientowi i weryfikacji, że nowy projekt spełnia jego potrzeby. Modele cyfrowych bliźniaków nowych komponentów można następnie dodać do biblioteki, udostępniając je do przyszłych projektów o podobnych wymaganiach.²

2 *Procesy analityki danych w DT (SRC ↔)*

Dlatego DT oferują producentom mebli potężne narzędzie do zwiększenia precyzji projektowania, usprawnienia produkcji, angażowania klientów i promowania odpowiedzialności ekologicznej. Przyjęcie tej technologii pozwala firmom odnieść sukces na coraz bardziej konkurencyjnym i ekologicznym rynku.

Connecting Digital Twins = Seamless Digital Thread



Usprawnić procesy rozwoju produktów dzięki wdrażaniu technologii cyfrowych bliźniaków

Niemniej jednak budowa platformy cyfrowych bliźniaków nie jest tak prosta, jak mogłaby być. Oznacza to, że udany program cyfrowych bliźniaków to przedsięwzięcie związane ze zmianą, wymagające zaangażowania i wsparcia najwyższego kierownictwa oraz silnego zespołu zarządzającego programami, który śledzi kamienie milowe, rozwija nowe procesy i wspiera ich wdrożenie przez organizację.

3 *Cyfrowa mapa drogowa producentów i fabryk (SRC ↔)*
Aby pokonać te potencjalne przeszkody, firmy mogą przyjąć etapowe podejście do wdrażania cyfrowych bliźniaków. Pierwsze trzy fazy dotyczą wyzwań technologicznych związanych z wyborem platformy, projektowaniem architektury i integracją: **Intelligence konkurencyjny i Scoping**, gdzie organizacja ocenia dostępne rozwiązania i szacuje ich potencjalną wartość; **Architektura Design & Definicja stosu oprogramowania**, która obejmuje wybór niezbędnych komponentów oprogramowania i definiowanie architektury systemu; oraz **Software Development**, gdzie organizacja opracowuje procesy i możliwości niezbędne do budowy, integracji i uruchomienia platformy cyfrowych bliźniaków. Kolejne etapy koncentrują się na transformacji organizacyjnej niezbędnej do wspierania nowych procesów i praktyk pracy.



Zastosowanie

DT w sektorze meblowym mogą być stosowane na różne sposoby, w zależności od specyficznych potrzeb producentów, projektantów, a nawet użytkowników końcowych. Mają możliwości **rewolucjonizowania branży meblarskiej** poprzez uczynienie produkcji bardziej inteligentną, poprawę doświadczeń klientów, optymalizację projektowania produktów oraz promowanie zrównoważonego rozwoju. Poniżej przedstawiono kilka kluczowych zastosowań, które można zastosować, wszystkie sklasyfikowane według ich przeznaczenia:

Inteligentna aplikacja do produkcji i optymalizacji procesów

DT mogą symulować i optymalizować procesy produkcji mebli, aby zmniejszyć straty, poprawić efektywność oraz przewidywać potencjalne awarie maszyn. Mając to na uwadze, fabryka mebli mogłaby zintegrować DT swojej linii produkcyjnej, aby analizować wydajność w czasie rzeczywistym i wykrywać wąskie gardła w różnych procesach, takich jak cięcie, montaż czy malowanie (między innymi). W tym celu niezbędne jest wykorzystanie czujników IoT do monitorowania zużycia surowców i wydajności maszyn, zapobiegając awariom zanim do nich dojdzie. Dodatkowo wdrożenie symulacji opartych na AI pomaga w redukcji odpadów, sugerując bardziej efektywne wzory cięcia dla drewnianych paneli. To zastosowanie może prowadzić do redukcji odpadów materiałowych o 15-30% oraz o 10-20% poprawy szybkości produkcji dzięki analizie danych w czasie rzeczywistym i konserwacji predykcyjnej.

4 *Inteligentna aplikacja do produkcji i optymalizacji procesów*



Virtual Prototyping & Customization Application

DT pozwalają projektantom mebli i klientom tworzyć wirtualne prototypy, testować różne konfiguracje oraz personalizować meble przed rozpoczęciem fizycznej produkcji. Mając to na uwadze, firma specjalizująca się w meblach biurowych może stworzyć zestaw konfigurowalnych biurek i krzesel, pozwalając klientom na dostosowanie wymiarów, materiałów i kolorów w wirtualnym środowisku. DT symuluje ergonomię na podstawie danych użytkownika, zapewniając, że meble dostosowują się do potrzeb użytkownika końcowego przed rozpoczęciem produkcji, a moduły VR/AR pozwalają na wizualizację w czasie rzeczywistym, jak spersonalizowane meble będą wyglądać w biurze lub domu. To zastosowanie może prowadzić do krótszego cyklu rozwoju produktu poprzez ograniczenie fizycznego prototypowania oraz wyższego zadowolenia klientów z indywidualnych projektów i ergonomicznej weryfikacji.

5 Wirtualne prototypowanie i aplikacja personalizacji

Aplikacja predykcyjnego utrzymania

DT mogą monitorować wydajność inteligentnych lub przemysłowych maszyn w czasie rzeczywistym oraz przewidywać potrzeby konserwacji. Na przykład firma produkująca inteligentne stacje robocze może integrować czujniki w swoich komórkach produkcyjnych, aby śledzić wzorce użytkowania, integralność strukturalną oraz drgania silnika. DT analizuje te dane, aby wykryć oznaki zużycia, co pozwala mu przewidywać, kiedy konkretne komponenty wymagają konserwacji lub wymiany. Takie proaktywne podejście pomaga zarządcom obiektów rozwiązywać problemy zanim nastąpią awarie, zmniejszając nieoczekiwane przestoje i obniżając koszty utrzymania.

6 Kluczowa koncepcja konserwacji za pomocą czujników (SRC ↔)

Zrównoważony trop materiałów i gospodarka o obiegu zamkniętym

DT pomagają śledzić materiały przez cały cykl życia mebli, wspierając zrównoważoną produkcję i inicjatywy gospodarki o obiegu zamkniętym. Na przykład zrównoważona marka meblowa tworzy DT wszystkich swoich produktów, śledząc pochodzenie drewna, tkanin i metalowych elementów. Wraz z tym, opierając się na integracji technologii IoT, użytkownicy mogliby sprawdzić, na ile każdy element nadaje się do recyklingu, a gdy meble osiągną koniec cyklu życia, cyfrowy bliźniak sugeruje ponowne wykorzystanie lub recykling konkretnych części, zapobiegając marnotrawstwu. To zastosowanie może prowadzić do wspierania ekologicznego projektowania i celów zrównoważonego rozwoju oraz umożliwić modele mebli jako usługi, gdzie klienci mogą ulepszać części zamiast wymieniać całe produkty.

7 Koncepcja Paszportu Produktu Cyfrowego (SRC ↔)



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Wdrożenie DT w zrównoważonej produkcji przynosi znaczące korzyści, ale także niesie ze sobą wyzwania. Kluczowe przeszkody to integracja wskaźników produkcji i zrównoważonego rozwoju w jednolitym modelu, co umożliwi podejmowanie decyzji opartych na danych, równoważąc efektywność i odpowiedzialność ekologiczną. Dodatkowo kluczowa jest skalowalność i gotowość pracowników, wymagająca wykwalifikowanych pracowników i odpłatnych szkoleń, które DT mogą ułatwić poprzez symulacje wirtualne. Producenci mie-

Figure 1: Evolution of maintenance



rzę się także ze złożonością łączenia każdego procesu i maszyny, a także z obawami o dokładność danych, bezpieczeństwo i prywatność.

Aby pokonać te przeszkody, stopniowe podejście, zaczynając od symulacji procesów i skalując je w czasie, może zmniejszyć ryzyko. Ponadto budowanie kultury innowacji i podnoszenia kwalifikacji pracowników jest niezbędne dla skutecznej implementacji. Integracja danych i interoperacyjność pomiędzy różnorodnymi systemami i starszym sprzętem pozostają istotnym wyzwaniem dla petroskalowego wdrożenia DT.

■ Optymalność ekonomiczna: Wysoki

Wdrożenie technologii cyfrowych bliźniaków (DT) wymaga znacznych początkowych inwestycji w czynniki, urządzenia IoT, oprogramowanie, infrastrukturę oraz wykwalifikowany personel, co może stanowić barierę wejścia. Jednak pomimo wysokich początkowych kosztów kapitałowych (CAPEX), długoterminowe korzyści, takie jak oszczędności operacyjne, poprawa efektywności i wzrost przychodów, często skutkują silnym zwrotem z inwestycji (ROI). Skupienie się na takich obszarach jak optymalizacja aktywów, predykcyjne utrzymanie i efektywność operacyjna jest kluczowe, aby zmaksymalizować wartość technologii cyfrowych bliźniaków.

Wdrażanie technologii cyfrowych bliźniaków w produkcji pozostaje ograniczone do **dużych przedsiębiorstw** dysponujących wystarczającymi zasobami finansowymi i technicznymi. Złożoność i skala wdrożenia sprawiają, że skuteczne wdrażanie DT dla małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) jest trudne. Chociaż możliwości symulacyjne i usprawnienia zarządzania produkcją oferowane przez DT są znaczące, obecny krajobraz rynkowy pokazuje, że ich powszechne zastosowanie nadal koncentruje się wśród liderów branży.

■ Czynniki ludzkie

Wdrożenie technologii cyfrowych bliźniaków często wymaga zmian organizacyjnych i transformacji kulturowej. Opór wobec zmian, analfabetyzm cyfrowy lub niska świadomość korzyści mogą utrudniać skuteczne przyjęcie. Aby zapewnić ciągłość, pracownicy muszą podnosić kwalifikacje i pokonywać cyfrową przepaść bez zaktócania działalności.

W związku z tym DT powinni być rozumieni nie jako zastępcy pracowników, lecz jako osoby umożliwiające realizację bardziej inteligentnych i wartościowych zadań. Nowe ścieżki kariery pojawiają się na styku współpracy człowiek-maszyna — takie jak operatorzy cyfrowych bliźniaków, analitycy inteligencji procesowej

czy projektanci symulacji XR. Pracownicy przechodzą od tradycyjnych operatorów do współtwórców w środowiskach hybrydowych, odpowiedzialnych za nadzór nad automatyzacją, podejmowanie decyzji opartych na danych oraz dopracowywanie procesów.

Podsumowując, fabryka przyszłości nie ma na celu zastąpienia ludzi — lecz zwiększenia ich możliwości. W miarę jak maszyny wykonują rutynowe zadania, pracownicy ludzki zyskują kluczową rolę w kierowaniu, adaptowaniu i ulepszaniu inteligentnych systemów. Wyzwanie polega na wyposażeniu ludzi w odpowiednie umiejętności, sposób myślenia i systemy wsparcia, aby mogli odnosić sukces w tej rozszerzonej rzeczywistości pracy.

■ Czynniki środowiskowe

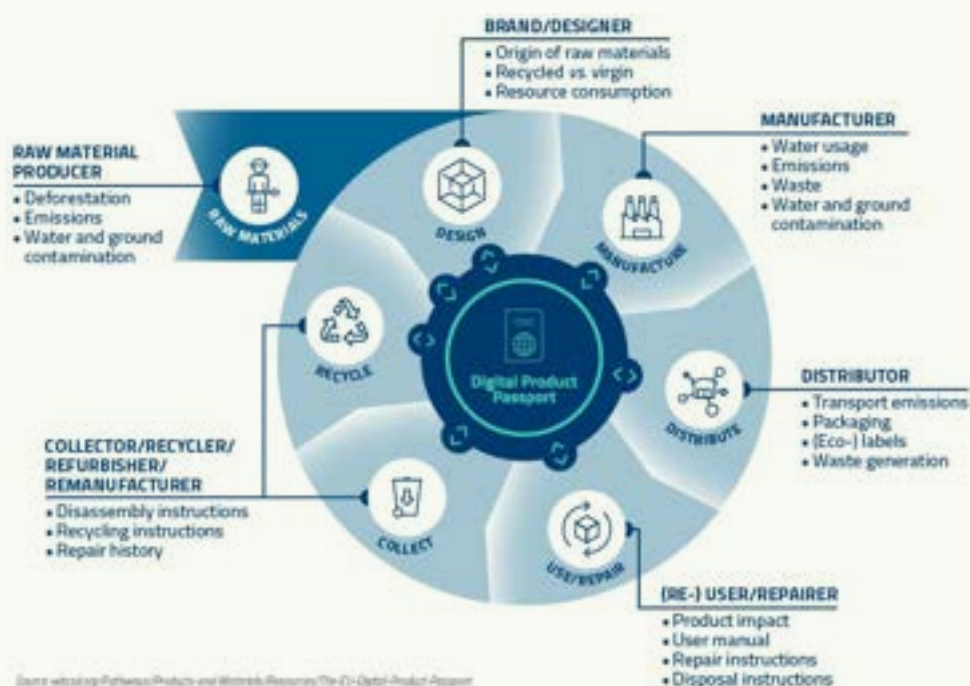
Wdrożenie DT zmniejsza ślad węglowy poprzez optymalizację zużycia energii, minimalizację odpadów oraz poprawę efektywności produkcji mebli, ponieważ mogą być głównie wykorzystywane do symulacji procesów produkcyjnych prowadzących do oszczędności energii i zasobów, zapobiegania odpadom, ograniczenia testów fizycznych oraz optymalizacji tras logistycznych, obniżając emisję CO₂ i inne wpływy na środowisko. Wraz z tym DT można rozumieć jako czynnik umożliwiający pre-dykcijną konserwację, wydłużając żywotność sprzętu i ograniczając niepotrzebne interwencje. Wszystkie te zastosowania DT mogą znacząco zmniejszyć wpływ na środowisko, gwarantując, że procesy producentów są zgodne ze specyfikacjami i przepisami środowiskowymi. Dodatkowo, wdrażając DT w produkcji, należy uwzględnić kilka czynników środowiskowych. Należą do nich zużycie energii z przetwarzania danych i sprzętu, zużycie energii i wody przez centra danych i infrastruktury oraz zużycie zasobów (wykorzystanie materiałów deficytowych), zwłaszcza w zakresie efektywności materiałowej i e-odpadów. Ponadto producenci powinni skupić się na optymalizacji zrównoważonego rozwoju łańcucha dostaw, efektywnym zarządzaniu przechowywaniem danych oraz zapewnieniu, że DT przyczynia się do redukcji odpadów i optymalizacji energii w produkcji. Przestrzeganie przepisów środowiskowych, oceny cyklu życia oraz stosowanie kryteriów ekoprojektowych to również kluczowe kwestie mające na celu minimalizację wpływu DT na środowisko.

Kolejnym aspektem jest łączność poprzez urządzenia Internetu Rzeczy (IoT), chmurę obliczeniową oraz analitykę danych w czasie rzeczywistym. Produkcja i utrzymanie sieci czujników wykorzystywanych do zbierania danych telemetrycznych — takich jak akcelerometry, czujniki termiczne i znaczniki RFID — powoduje wpływ

na środowisko materialne i energetyczne. Te urządzenia często wykorzystują pierwiastki ziem rzadkich, baterie litowe oraz specjalistyczne półprzewodniki, których wydobycie i przetwarzanie znacząco przyczyniają się do emisji gazów cieplarnianych, **zużycia energii**, zanieczyszczenia wody i toksycznych odpadów, **a ogólnie są trudne do recyklingu pod koniec okresu eksploatacji.**

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Wdrożenie DT w fabryce wiąże się z przestrzeganiem kilku przepisów i norm związanych z bezpieczeństwem danych (ISO/IEC 27001, IIC Security Framework), prywatnością (RODO), cyberbezpieczeństwem (NIST), interoperacyjnością (IEC 62264 / ISA-95), wpływem na środowisko (Porozumienie Paryskie i cele Net Zero, ISO 14001) oraz specyficznymi wymaganiami branżowymi (CCPA, AI Act, ISO 50001). Te zasady i standardy są kluczowe dla zapewnienia prywatności danych, cyberbezpieczeństwa, efektywności energetycznej oraz zrównoważonych praktyk produkcyjnych.



Usprawnić procesy rozwoju produktów dzięki wdrażaniu technologii cyfrowych bliźniaków



Rozwiązania



Cyfrowy bliźniak do produkcji

TWINZO

Łwacja ↔

Twinzo to platforma cyfrowa bliźniaków 3D w czasie rzeczywistym nastawiona na urządzenia mobilne i zaprojektowana tak, aby zapewnić kompleksowy wgląd w operacje produkcyjne i logistyczne. Umożliwia użytkownikom tworzenie cyfrowych replik obiektów — takich jak fabryki, magazyny czy całe miasta — które integrują dane z czujników IoT, RTLS (Real-Time Location Systems) oraz metryki operacyjne w interaktywnym środowisku 3D dostępnym za pomocą smartfonów, tabletów lub komputerów stacjonarnych.



Cyfrowy bliźniak do produkcji

Siemens

Niemcy ↔

Siemens Xcelerator to kompleksowa cyfrowa platforma biznesowa, która pomaga firmom usprawnić projektowanie, produkcję i operacje produktów poprzez potężne połączenie oprogramowania, sprzętu i usług. Dla branży meblarskiej umożliwia tworzenie szczegółowych cyfrowych bliźniaków dla produktów i linii produkcyjnych, wspiera projekty niestandardowe i modułowe oraz oferuje narzędzia do symulacji fabryk, integracji IoT i tworzenia aplikacji low-code. Dzięki rozwiązaniom takim jak Teamcenter dla PLM, Tecnomatix do optymalizacji procesów oraz Mindsphere do inteligentnych analiz fabryk, umożliwia producentom mebli poprawę efektywności, redukcję odpadów i przyspieszenie innowacji od koncepcji do klienta.



Drewno lite na górze

TopSolid

Francja ↔

TopSolid'Wood to zintegrowane oprogramowanie CAD/CAM dostosowane do przemysłu drzewnego, umożliwiające kompleksowe zarządzanie projektami od projektowania po produkcję. Oferuje nieograniczone modelowanie 3D, konfigurowalne funkcje obróbki oraz bezproblemową integrację z optymalizatorami CAM i cięcia, zwiększając wydajność profesjonalistów i producentów stolnych.



Cyfrowy bliźniak do produkcji

Microsoft

Stany Zjednoczone ↔

Azure Digital Twins to platforma Microsoftu, która umożliwia tworzenie kompleksowych modeli cyfrowych środowisk rzeczywistych, takich jak budynki, fabryki czy całe łańcuchy dostaw. Wykorzystuje otwarty język modelowania (DTDL) do definiowania bytów, relacji i zachowań, co czyni go idealnym do symulacji złożonych systemów w czasie rzeczywistym. W kontekście branż takich jak produkcja mebli czy handel detaliczny może modelować wszystko – od przepływów pracy fabrycznych po układy sklepów, śledzić zasoby za pomocą danych IoT oraz napędzać inteligentną analitykę dla optymalizacji i zrównoważonego rozwoju. Głęboko zintegrowana z ekosystemem Azure, wspiera skalowalne, bezpieczne i inteligentne rozwiązania cyfrowych bliźniaków.



Cyfrowy bliźniak do produkcji

Systemy Bentleya

Stany Zjednoczone ↔

Platforma iTwin firmy Bentley jest przede wszystkim znana z infrastruktury i inżynierii, ale oferuje także zaawansowane narzędzia do modelowania i symulacji środowisk przemysłowych oraz produkcyjnych. Umożliwia tworzenie bogatych, cyfrowych bliźniaków w czasie rzeczywistym, które integrują dane projektowe (z BIM/CAD), sygnały sensoryczne oraz systemy operacyjne w jednym, połączonym widoku. W produkcji oznacza to, że możesz wizualizować układy fabryk, monitorować wydajność urządzeń, symulować procesy i optymalizować operacje w całym cyklu życia aktywów. Dzięki silnemu wsparciu modelowania rzeczywistości i integracji z platformami IoT, cyfrowe bliźniaki Bentley pomagają poprawić niezawodność zasobów, efektywność przepływu pracy oraz podejmowanie decyzji opartych na danych w złożonych zakładach produkcyjnych.



Oprogramowanie do symulacji

replik B SOLID Digital dla CNC

BIESSE

Włochy ↔

B-SOLID daje użytkownikom wgląd w ich maszynę CNC poprzez stworzenie cyfrowego bliźniaka, co pozwala zaprojektować program obróbki dla dowolnego konkretnego projektu, uruchomić realistyczną symulację 3D tego zadania, weryfikować prędkość obróbki, wybór narzędzi oraz szacować czas wykonania zlecenia. Przeprowadzenie kontroli kolizji w środowisku wirtualnym pozwala podkreślić wszelkie kontakty między częściami maszyny, unikając kolizji między głowicą maszynową a stołem roboczym.

**Cyfrowy bliźniak do produkcji**

PTC INC

Stany Zjednoczone ↔

ThingWorx, opracowany przez PTC, to solidna przemysłowa platforma IoT i cyfrowych bliźniaków zaprojektowanych do łączenia, analizy i optymalizacji fizycznych zasobów oraz operacji. Umożliwia producentom tworzenie cyfrowych reprezentacji produktów, maszyn lub całych linii produkcyjnych w czasie rzeczywistym, łącząc dane z czujników, systemów (takich jak ERP/PLM) oraz danych wejściowych użytkowników. ThingWorx doskonale wspiera utrzymanie predykcyjne, zdalne monitorowanie oraz optymalizację wydajności, zwłaszcza w środowiskach produkcyjnych. Integruje się także z Vuforia w zakresie rozszerzonej rzeczywistości, umożliwiając użytkownikom interakcję z cyfrowymi bliźniakami w immersyjny sposób — idealny do szkoleń, rozwiązywania problemów lub wizualizacji niestandardowych produktów. Jego elastyczność i narzędzia low-code sprawiają, że jest doskonałym wyborem dla firm chcących przyspieszyć transformację cyfrową w zakresie inżynierii i operacji.

**Oprogramowanie Digital Twin dla maszyn CNC**

SIEMENS

Niemcy ↔

Siemens NX, w połączeniu z Sinumerik One, umożliwia opracowanie prawdziwego cyfrowego bliźniaka systemu CNC, dokładnie symulującego zachowanie obrabiarki. Ta zaawansowana technologia została zaadaptowana przez CMS (część Grupy SCM) w hybrydowej platformie CMS Kreator. Dzięki wykorzystaniu cyfrowego bliźniaka CMS może weryfikować ścieżki narzędzi, zapobiegać kolizjom i optymalizować procesy produkcyjne przed fizycznym wykonaniem. System zawiera również MindSphere i Edge Computing do monitorowania w czasie rzeczywistym i predykcyjnej konserwacji. Takie podejście jest szczególnie cenne dla producentów maszyn stolarskich, pomagając skrócić czas uruchomienia i zwiększyć ogólną efektywność operacyjną.

**Obieg**

Obieg

Holandia ↔

Platforma oparta na blockchainie do śledzenia pochodzenia materiałów, cyklu życia oraz możliwości recyklingu do produkcji o cyrkuli.

**Zrównoważone projektowanie mebli poprzez Digital Twins**

AMUEBLA

Hiszpania ↔

W projekcie AMUEBLA, opracowanym we współpracy z SANCAL i AIDIMME, cyfrowe bliźniaki służą do weryfikacji regulacji i zrównoważonych projektów przed produkcją fizyczną. Ta sprawa jest mocnym przykładem tego, jak technologia cyfrowych bliźniaków wspiera cele zgodności i zrównoważonego rozwoju w branży meblarskiej.

**Dassault Systèmes DELMIA**

Dassault Systèmes

Francja ↔

Umożliwia zaawansowaną symulację i optymalizację produkcji, pomagając producentom mebli usprawnić produkcję, zarządzać zasobami i skrócić przestoje.

**SAP Predictive Asset Insights**

SAP

Niemcy

Przewiduje potrzeby konserwacyjne inteligentnych mebli za pomocą IoT i analityki uczenia maszynowego.

**Autodesk Configurator 360**

Autodesk

Stany Zjednoczone ↔

Platforma konfiguratora 3D oparta na sieci do tworzenia konfigurowalnych modeli mebli integrujących parametryczne projektowanie CAD.

Usprawnić procesy rozwoju produktów dzięki wdrażaniu technologii cyfrowych bliźniaków



Przykłady



Twinzo

Słowacja



Cyfrowy bliźniak do zarządzania magazynem: Operatorzy logistyczni poruszają się po obiekcie, szukając materiałów do dostarczenia lub pustych opakowań do usunięcia z linii, często robiąc to losowo lub zgodnie z ustalonymi cyklami. Praktyka ta często prowadzi do okresów niepracy w produkcji przez cały dzień z powodu niedoborów materiałowych, co skutkuje kumulacyjnymi przestojami. Dodatkowo występuje częsty problem nierównomiernego wykorzystania kierowców, gdzie niektórzy operatorzy są przeciążeni, podczas gdy inni angażują się w nieproduktywne czynności, takie jak przeglądanie mediów społecznościowych.



Siemens

Niemcy



Przemiana branży na przyszłość: DMG MORI, wiodący światowy producent obrabiarek, oferuje pierwszy cyfrowy bliźniak obrabiarki end-to-end na rynku Siemens Xcelerator. Opracowana we ścisłej współpracy z Siemens, ta pionierska innowacja stanowi prawdziwy kamień milowy dla branży – rozwiązanie, które można skalować, aby sprostać indywidualnym potrzebom klientów.



Komponenty wizualne

Finlandia



Cyfrowy bliźniak do produkcji szafek łazienkowych: Dzisiejsi klienci oczekują spersonalizowanych produktów, jednocześnie oczekując niskich cen, co stanowi wyzwanie dla producentów. Ta pozorną sprzeczność wynika z tego, że różnorodność produktów zwiększa złożoność produkcji. Jednak masowa personalizacja oferuje rozwiązanie, co widać w branżach takich jak motoryzacja czy meble łazienkowe. Firmy takie jak MBFZ Toolcraft GmbH specjalizują się w zaawansowanych technologiach, takich jak indywidualne rozwiązania robotyczne na klucz, pomagając producentom dostosować się do tego trendu. MBFZ, założona w 1989 roku, stała się liderem w tej dziedzinie, oferując innowacyjne rozwiązania dla branż takich jak lotnictwo, technologia medyczna i motoryzacja, umożliwiając firmom efektywne zarządzanie personalizacją na dużą skalę.



Siemens

Niemcy



Girsberger symuluje i optymalizuje operacje ścinania drewna offline, wykorzystując cyfrowego bliźniaka: Opisuje, jak Girsberger zoptymalizował swoje procesy produkcyjne poprzez wdrażanie technologii cyfrowych bliźniaków, ponieważ mogą testować i optymalizować operacje ścinania drewna offline, korzystając z cyfrowego bliźniaka maszyny, oszczędzając czas i nieudane próby oraz unikając kolizji.



Dassault Systemes

Francja



Testowanie wirtualne z użyciem PowerFLOW: Testowanie wirtualne z użyciem PowerFLOW: Kuchnia stała się centralnym punktem dla rodzin oraz gościnnych miejsc w nowoczesnych domach. Projekty i funkcjonalność kuchni ewoluują, aby umożliwić więcej aktywności, odzwierciedlając przejście od praktycznej do wszechstronnej przestrzeni życiowej. Badacze z Silestone Institute opublikowali Global Kitchen Study, które wykazało, że kuchnie dziś wykraczają poza tradycyjne role, pełniąc rolę tętniących życiem centrów różnych aktywności, w tym spotkań towarzyskich, pracy i spożywania posiłków. Otwarte układy z wygodnymi miejscami siedzenia i innowacyjnymi elementami projektowymi mogą przekształcić kuchnie w przyjazne przestrzenie społeczne, gdzie ludzie chętnie się spotykają, zapewniając jednocześnie praktyczny komfort tworzenia pysznych przekąsek i posiłków.



Digitiza Designs

Stany Zjednoczone



Przemiana aranżacji wnętrz dzięki technologii skanowania 3D: Dokładne wymiary są niezbędne, a w przeciwieństwie do większości sklepów internetowych, meble często trzeba oceniać osobiście pod kątem faktury, komfortu i stylu. Rooms To Go miało za cel pokonać te wyzwania, tworząc cyfrowe modele mebli tak realistyczne, że mogą być wykorzystywane przez dekoratorów wnętrz do wirtualnego ważenia wystroju, uzyskania idealnego wyglądu i klimatu oraz realizacji swoich kreatywnych wizji.

**Beamo***Republika Korei*

Przypadek zastosowania cyfrowego bliźniaka w branży hotelarskiej: Platforma cyfrowych bliźniaków Beamo wykorzystuje kamery 360-stopniowe i smartfony do tworzenia wirtualnych replik, znajdując zastosowanie wykraczające poza tradycyjne branże. Obiekt hotelowy z powodzeniem wdrożył tę technologię marketingową i reprezentacyjną. Osiągnięcie oszczędności kosztów, zmniejszenie wydatków na dane oraz poprawa przepływu pracy i dokumentacji. Wszechstronne zastosowania technologii cyfrowych bliźniaków stale się rozwijają, pokazując jej pozytywny wpływ w różnych sektorach.

**Denodo Technologies***Stany Zjednoczone*

Studium przypadku wirtualizacji danych w czasie rzeczywistym: Opisuje, jak CITY Furniture wykorzystano sukces systemu danych w czasie rzeczywistym dla sprzedaży i rozszerzyło go na wiele działów. Podróż zaczyna się od inżyniera oprogramowania i mainframe'a IBM, a kończy się inicjatywą demokratyzacji danych. Po drodze jest wiele ciekawych przystanków – warstwa streamingowa, chmurowa hurtownia danych IBM, różnorodność magazynów danych, struktura danych oraz wirtualizacja danych.

**Cetem***Hiszpania*

Cyfrowy bliźniak do mebli pozwoli na przyspieszenie testów prototypów pod kątem zgodności z przepisami branżowymi i prawnymi: AMUEBLA złożyła wniosek o innowacyjny projekt wspólnie z AIDIMME, CETEM, ARVET oraz firmą SANCAL, którego celem jest ulepszenie projektu prototypu poprzez symulacje cyfrowych bliźniaków w celu uzyskania zgodności prawnej i przemysłowej przed jego produkcją, a także obniżenie kosztów wynikających z niezgodności ze standardem.

**-**
Chiny

Model warsztatowy cyfrowego bliźniaka został zastosowany do procesu pakowania w produkcji mebli panelowych, aby poprawić integrację z systemami informacyjnymi. Wprowadzony w Firmie W, zidentyfikowano nieefektywności, zaproponowano optymalizacje i, poprzez symulacje i testy rzeczywiste, zwiększyło efektywność linii opakowań o 20%, jednocześnie zmniejszając liczbę pracowników o 5–6 pracowników. Model wspiera inteligentną produkcję i modernizację systemów.

**Hamon***Francja*

Modernizacja przestarzałych maszyn: W projekcie modernizacji maszyny do cięcia drewnianych desek o jednolitych wymiarach i jakości zaimplementowano cyfrowy bliźniak (przez integratora systemu Actemium, bazując na oprogramowaniu Emulate 3D Dynamic Digital Twin firmy Rockwell Automation), aby opracowywać i testować nowe programy automatyzacji offline, optymalizować kod programowy oraz przewidywać potencjalne problemy przed testami na rzeczywistej maszynie. Osiągnięto znaczące skrócenie czasu przestojów

**Simplan***Niemcy*

Symulacja cyfrowego bliźniaka do analizy procesów produkcyjnych: Oprogramowanie Siemens Plant Simulation jest wykorzystywane przez Nolte-Möbel, niemieckiego producenta mebli, do optymalizacji złożonych procesów przedprodukcyjnych. Oprogramowanie tworzy cyfrowego bliźniaka środowiska produkcyjnego, integrując rzeczywiste dane z Excela do precyzyjnego modelowania. Nolte wykorzystuje go do symulacji scenariuszy planistycznych i zmian procesów bez zakłócania bieżących operacji. Narzędzie zapewnia pełną widoczność przepływu materiałów i wykorzystania zasobów.

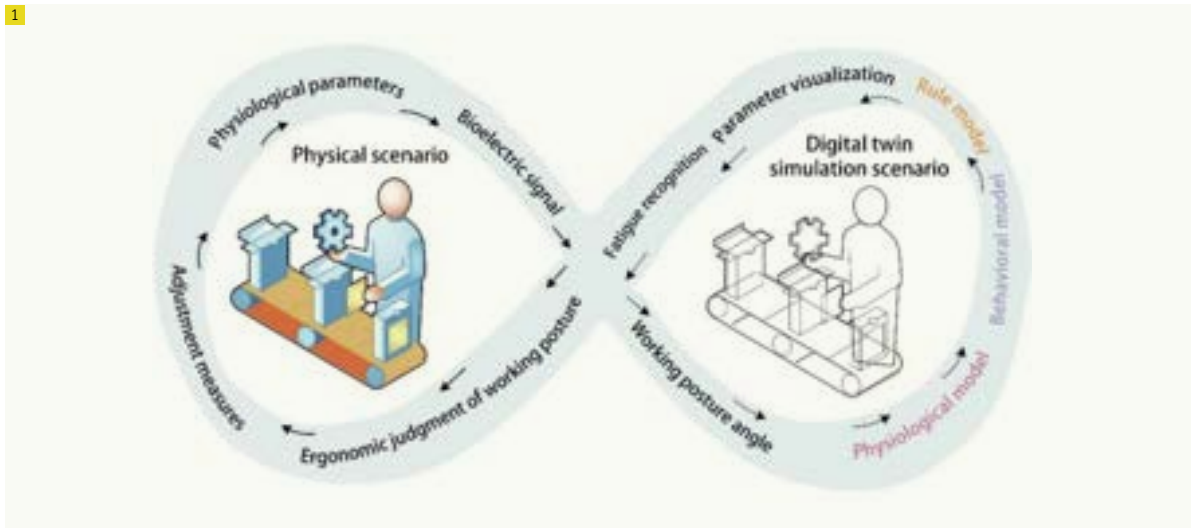
**FlexSim Software Products, Inc***Stany Zjednoczone*

Modelowanie bliźniaczego modelu meblowego w FlexSim: Badanie oparte na symulacji masowej produkcji mebli na zamówienie z wykorzystaniem oprogramowania FlexSim 3D w polskiej firmie. Analizuje, jak rosnące wolumeny produkcji wpływają na obciążenie maszynami i efektywność systemu. Rekomendacje obejmują dodanie sprzętu i optymalizację przepływu materiałów, aby umożliwić skalowalną, wydajną produkcję, wspierającą wzrost do dziesięciokrotności obecnej wydajności.

**Girsberger Holding AG***Szwajcaria*

Optymalizacja produkcji mebli dzięki cyfrowemu bliźniakowi: Girsberger, firma meblarska, optymalizuje cięcie drewna za pomocą cyfrowego bliźniaka, aby zapobiegać kolizjom i zwiększać efektywność produkcji. To praktyczne wdrożenie pomaga zilustrować możliwości ThingWorx w namacalny i przystępny sposób.

Zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności procesów produkcyjnych przy jednoczesnym minimalizowaniu ich wpływu na środowisko poprzez zastosowanie technik symulacyjnych w ramach cyfrowych bliźniaków



Trudność implementacji: **Średnie**
 Optymalność ekonomiczna: **Wysoki**

Zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności procesów produkcyjnych przy jednoczesnym minimalizowaniu ich wpływu na środowisko poprzez zastosowanie technik symulacyjnych w ramach cyfrowych bliźniaków



Opis

Cyfrowe bliźniaki (DT) stają się kluczowe dla napędzania zrównoważonego rozwoju w rozwijającym się sektorze produkcyjnym. Ich zdolności predykcyjne pomagają skrócić przestoje, wydłużyć żywotność sprzętu oraz minimalizować marnotrawstwo dzięki proaktywnej konserwacji i ograniczaniu ryzyka. Integrując dane w czasie rzeczywistym z czujników i maszyn, DT tworzą dokładne wirtualne repliki fizycznych systemów, pozwalając producentom symulować scenariusze, optymalizować procesy i identyfikować problemy bez przerywania produkcji. Dzięki temu ciągłe porównanie danych w czasie rzeczywistym z danymi uzyskanymi z symulacji może być wykorzystywane przez oprogramowanie do poprawy zrozumienia przez DT rzeczywistych problemów, co skutkuje **dokładniejszymi symulacjami** znaczącym przyczynieniem się do zrównoważonego rozwoju procesów produkcyjnych.

Dodatkowo, w erze Przemysłu 5.0, podejście skoncentrowane na człowieku w produkcji jest kluczowe. Biorąc pod uwagę starzejącą się siłę roboczą oraz rosnącą liczbę kobiet podejmujących tradycyjnie zdominowane przez mężczyzn stanowiska, kluczowe jest uwzględnienie tej różnorodności w ergonomicznym projektowaniu systemów i środowisk, a także dostosowanie miejsc pracy do wszystkich indywidualnych środowisk.

Mając to na uwadze, wykorzystanie DT wraz z **symulacją ergonomiczną** ostatnio przyczyniło się do wzrostu zarówno bezpieczeństwa, jak i produktywności w miejscu pracy.

1 **Podejście Digital Twin do symulacji ergonomii człowieka (SRC ↔)**

Dziedzina ergonomii ewoluowała w ostatnich dekadach, obejmując zarówno symulacje w środowiskach 3D, jak i techniki sztucznej inteligencji do szacowania zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego (MSD) związanych z pracą. Dzięki postępowi w szybkości symulacji i intuicyjnych interfejsach, czas potrzebny na opracowanie symulacji ergonomicznych znacznie się skrócił i stał się bardziej praktyczny. Tradycyjna analiza ergonomiczna obejmowała stosowanie tabel MTM oraz ogólnych reguł kciuka, które włączały czynniki bezpieczeństwa i heurystyki w celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy. Takie podejście często utrudniało ocenę unikalnych

zadań lub zmuszało inżynierów do błędów w wyborze kosztownych rozwiązań, aby zapewnić bezpieczeństwo. Aby zmniejszyć tę lukę, podejście DT do projektowania i zarządzania procesami dało inżynierowi lepsze narzędzia szybciej niż kiedykolwiek, ponieważ DT pozwala oceniać ergonomię z perspektywy fizycznej i poznawczej.

Symulacja ergonomiczna fizyczna polega na ocenie fizycznego środowiska ergonomicznego, obejmującej analizę zasięgu operatora, ocenę obciążeń i obciążeń ciała, pomiar zużytych kilokalorii w celu określenia zmęczenia oraz analizę pozycji i ruchów przy użyciu narzędzi obserwacyjnych, takich jak RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Whole Body Assessment), OWAS (Ovako Working Posture Ralying System) oraz OCRA (Occupational Repetitive Actions Index). Podczas oceny zasięgu symulacje ułatwiają zmianę antropometrii manikina w symulacji, aby upewnić się, że najmniejsza kobieta lub największy mężczyzna mogą łatwo wykonać zadanie. Na podstawie wybranego standardu lub wagi, symulacja może być skonfigurowana tak, aby ocenić pozycję ciała podczas zadania. Symulacje mogą być również wykorzystywane do oceny dostępności konkretnego zadania poprzez określenie czasu cyklu i sprawdzenie, czy postawa pracownika pozostaje w akceptowalnym stanie przez cały czas trwania zadania.

2 **Ergonomia fizyczna w procesach produkcyjnych (SRC ↔)**

Ruchy i postawy manekinów są często sterowane przez dane uzyskane dzięki wykorzystaniu urządzeń optycznych lub czujników inercyjnych zamontowanych na ciele osoby śledzonej w rzeczywistych sytuacjach. Chociaż są odporne, te systemy są kosztowne, mają ograniczenia konfiguracyjne i stanowią dla nas wyzwanie w realnych warunkach pracy, by zapewnić wiarygodne i realistyczne symulacje. Uczenie maszynowe, a w szczególności techniki głębokiego uczenia, pozwalają rozpoznawać stawy ludzkiego ciała na podstawie nagrań nagranych kamerami RGB i bezpośrednio oceniać indeksy ergonomiczne lub wspierać symulacje.

Symulacja poznawczo-ergonomiczna analizuje mentalną stronę zadania. Często odnosi się to do wizualnych wskazówek przekazywanych pracownikowi, które pomagają mu w wykonywaniu zadań i minimalizują stres psychiczny związany z pracą. Dziedzina ergonomii poznawczej obejmuje koncepcję DT, aby umożliwić pracownikom doświadczenie środowiska pracy przed jego zbudowaniem, ponieważ w pewien sposób wykazano,

Zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności procesów produkcyjnych przy jednoczesnym minimalizowaniu ich wpływu na środowisko poprzez zastosowanie technik symulacyjnych w ramach cyfrowych bliźniaków

że ze słabą ergonomią poznawczą wiąże się obciążenie poznawcze: zaktócenia (np. mowa, hałas i poruszające się elementy itp.); przerwy (np. współpracownicy proszący o pomoc, technologie interakcji i powiadomienia, brakujące informacje lub decyzje blokujące ciągłość pracy itp.); Przeciążenie informacjami (np. wielozadaniowość, monitorowanie i obserwowanie kilku rzeczy równoległe, zmiana między zadaniami podczas pracy itp.).

3 Źródła przeciężeń poznawczych w procesach produkcyjnych (SRC ⇄)



Zastosowanie

Powszechnie wiadomo, że DT odgrywają kluczową rolę w ograniczaniu wpływu produkcji na środowisko poprzez zwiększenie zrównoważonego rozwoju w różnych procesach. Umożliwiają optymalizację zasobów poprzez analizę zużycia materiałów, odpadów i danych energetycznych w celu identyfikacji nieefektywności. Dzięki symulacjom wirtualnym DT pomagają obniżyć zużycie energii przy jednoczesnym utrzymaniu jakości wyjściowej. Na przykład Digital Twins pozwalają tworzyć realistyczne wirtualne prototypy, które replikują produkty lub procesy, zmniejszając potrzebę kosztownych i czasochłonnych fizycznych prototypów. Pozwala to na identyfikację i skorygowanie wad już na etapie projektowania, obniżając koszty materiałów, pracy i czasu, a także zużycie energii. Modyfikacje można testować szybko, przyspieszając rozwój i czas wprowadzenia na rynek, jednocześnie poprawiając jakość końcowego produktu. Wspierają także redukcję odpadów, umożliwiając predykcijną konserwację i wydłużając żywotność urządzeń. Dodatkowo DT ułatwiają cykliczne modele produkcji, takie jak recykling i reprodukcja, optymalizując przepływy materiałów i odzysk zasobów. Mając to na uwadze, DT mogłyby również być wykorzystywane do symulacji zachowania pracowników, aby poprawić bezpieczeństwo, szybkość i efektywność produkcji. Odpowiedź brzmi: tak, ale pojawiają się wyzwania związane z odwzorowaniem ludzkich ruchów i ergonomii.

Jednym z istotnych wyzwań jest uzyskanie dokładnych odwzorowań ruchów człowieka, biorąc pod uwagę dokładność czujników oraz ograniczenia modelowania biomechanicznego. Opóźnienia danych i problemy z synchronizacją utrudniają również responsywność w czasie rzeczywistym, powodując rozbieżności między symulowanymi a rzeczywistymi ruchami. Integracja różnorodnych źródeł danych i technologii zwiększa złożoność ze względu na problemy z kompatybilnością i ograniczenia interoperacyjności. Obawy dotyczące prywatności i etyki związane ze zbieraniem i przetwarzaniem

danych o ruchu człowieka dodatkowo podkreślają potrzebę zabezpieczeń chroniących prawa jednostki.

4 Cyfrowe bliźniaki do oceny ergonomii w procesach produkcyjnych

Symulacja interakcji człowiek-robot wymaga zaawansowanych algorytmów modelowania i kontroli, aby osiągnąć płynną współpracę. Problemy ze skalowalnością, brak standaryzacji i brak najlepszych praktyk dodatkowo utrudniają wdrożenie, podkreślając potrzebę wprowadzenia wytycznych obejmujących całą branżę. Rozwiązywanie tych wyzwań poprzez zaawansowane techniki modelowania, uczenie maszynowe, głębokie uczenie, rozszerzoną integrację danych oraz ramy etyczne jest niezbędne, aby w pełni wykorzystać potencjał DT w symulacji człowieka.

Dodatkowo DT mogą być wykorzystywane do wizualizacji całej załogi w różnych scenariuszach, pokazując, jak pracownicy najlepiej sprawdzają się w określonych warunkach i umożliwiając precyzyjne planowanie zasobów. Wirtualna reprezentacja każdego pracownika umożliwia nadzór predykcyjny, zapewniając przewidywanie problemów i ich proaktywne rozwiązywanie.

5 Cyfrowe bliźniaki do kontroli i planowania personelu

DT oferują transformujący potencjał zarządzania siłą roboczą, pozwalając organizacjom symulować i optymalizować decyzje związane z pracownikami przed wdrożeniem. Wzbogacając prognozowanie poprzez dokładne, oparte na danych prognozy zatrudnienia, zmniejszają ryzyko związane ze zmianami organizacyjnymi oraz wspierają planowanie strategiczne. Mapując umiejętności i wyniki w czasie rzeczywistym, firmy mogą efektywniej alokować zasoby, tworzyć spersonalizowane ścieżki kariery, optymalizować harmonogramy i szybko dostosowywać się do zmieniających się wymagań.

Ogólnie rzecz biorąc, DT zwiększają efektywność, zapewniają lepsze dopasowanie ról oraz wspierają ciągły rozwój i zwinność pracowników. Mówiąc prosto, DT pomagają organizacjom przygotować się na nieoczekiwane wydarzenia, takie jak zmiany zapotrzebowania na kadrę, rotacja czy nowe projekty. Można je postrzegać jako narzędzia do przewidywania długoterminowych zmian, identyfikowania ryzyk i szans. W przeciwieństwie do modeli statycznych, DT wykorzystują informacje w czasie rzeczywistym do dynamicznej reprezentacji zespołu, symulując reakcje zespołu na scenariusze takie jak zmiany obciążenia pracą czy zmienione harmonogramy.



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Wdrożenie symulacji procesów produkcyjnych, zwłaszcza ergonomicznych, wiąże się z wyzwaniami takimi jak integracja danych w czasie rzeczywistym, potrzeba wiedzy technicznej oraz opór ze strony personelu. Bariery związane z ludźmi obejmują sceptycyzm wobec narzędzi cyfrowych, brak świadomości ergonomicznej oraz obawy przed nadzorem lub oceną pracy. Dodatkowo menedżerowie mogą stawiać produktywność ponad ergonomię. Pokonanie tych wyzwań wymaga jasnej komunikacji, inkluzywnego planowania, szkoleń oraz wykazania wartości ergonomii zarówno dla bezpieczeństwa, jak i efektywności. Ostrożne, stopniowe wdrożenie przy odpowiednim oprogramowaniu i zasobach może wspierać pomyślną adopcję programu.

Optymalność ekonomiczna: Wysoki

Bariery ekonomiczne mogą znacząco wpłynąć na wdrażanie technologii symulacji ergonomicznych, zwłaszcza dla małych i średnich producentów, ze względu na wysokie koszty początkowe związane z oprogramowaniem, sprzętem, szkoleniami i doradztwem. Firmy te często stawiają na pierwszym miejscu krótkoterminową produktywność ponad długoterminowe korzyści ergonomiczne, które mogą być trudniejsze do oszacowania finansowo. Jednak dzięki planowaniu strategicznemu, jasnej komunikacji długoterminowych korzyści i stopniowemu wdrażaniu, symulacje mogą ostatecznie prowadzić do bezpieczniejszych, bardziej efektywnych i optymalnych operacji.

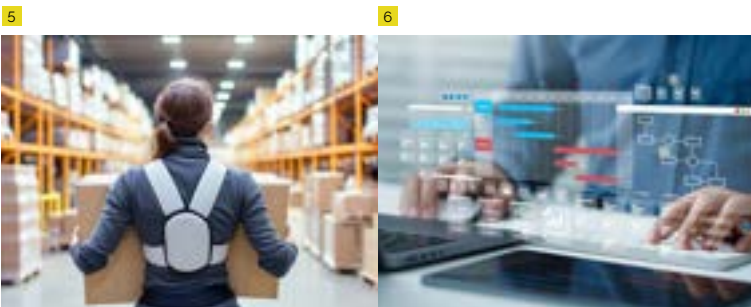
Pełne wdrożenie cyfrowego bliźniaka do pełnej kontroli procesu pozostaje poważnym wyzwaniem. Wymaga to **roległej parametryzacji, integracji systemów oraz ciągłego dogadywania danych**, co może wymagać znacznego czasu, wiedzy i inwestycji finansowych. Dlatego firmy muszą **priorytetyzować obszary wdrożenia** na podstawie potencjału wpływu, zaczynając od procesów o wysokim zużyciu lub wysokim ryzyku.

Czynniki ludzkie

Kluczowym czynnikiem ludzkim w symulacji ergonomicznej jest akceptacja i zaangażowanie użytkowników. Pracownicy i menedżerowie mogą opierać się na narzędziom cyfrowym, jeśli są postrzegane jako natarczywe, kontrolujące lub zaprojektowane głównie do oceny wydajności, a nie jako wsparcie pomocne. Ten sceptycyzm nasila się, gdy wprowadzane są technologie takie jak motion capture czy VR bez jasnego wyjaśnienia ich celu i korzyści. Pomyślna implementacja wymaga nie tylko podstawowej wiedzy o narzędziach i zasadach ergonomii, ale także dobrze zorganizowanych szkoleń i programów wdrożenia. Kompetencje cyfrowe różnią się znacznie w zależności od roli — operatorzy, inżynierowie i przełożeni mogą mieć różną znajomość zaawansowanych platform — co powoduje nierównomierne wdrażanie, jeśli nie zostanie rozwiązane.

Kolejną pułapką jest to, że symulacje są tworzone wyłącznie przez zespoły techniczne, bez udziału osób wykonujących zadania. Takie podejście odgórne często prowadzi do modeli, które pomijają subtelności przepływów pracy lub wyzwań produkcyjnych. Ustanowienie procesów partycypacyjnych, w których pracownicy przyczyniają się do projektowania, testowania i walidacji, zapewnia dokładność, wzmacnia własność i poprawia akceptację. Jasna komunikacja dotycząca celów, korzyści i ograniczeń również buduje zaufanie i współpracę.

Wreszcie, należy zarządzać kwestiami etycznymi. Pracownicy mogą obawiać się nadzoru, nadużywania danych osobowych lub utraty autonomii podczas rejestrowania i analizy ich ruchów. Błędna interpretacja danych może podważyć zaufanie. Organizacje muszą zatem ustanowić przejrzyste polityki dotyczące wykorzystania danych, uzyskać świadomą zgodę oraz zagwarantować bezpieczne praktyki obsługi. Proaktywne rozwiązywanie problemów prywatności i promowanie przejrzystości buduje środowisko oparte na zaufaniu, w którym technologia jest postrzegana jako narzędzie współpracy mające na celu wspieranie, a nie zagrożenie pracownikom.



Zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności procesów produkcyjnych przy jednoczesnym minimalizowaniu ich wpływu na środowisko poprzez zastosowanie technik symulacyjnych w ramach cyfrowych bliźniaków

■ Czynniki środowiskowe

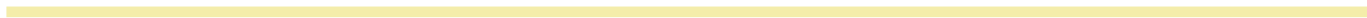
Czynniki środowiskowe również wpływają na dokładność i użyteczność symulacji ergonomicznych. Układ obiektu musi być realistycznie modelowany, aby zapewnić skuteczne oceny. Warunki takie jak oświetlenie, temperatura, wilgotność i hałas mogą znacząco wpływać na komfort i wydajność pracowników. Złe środowiska mogą zwiększać stres, zmniejszać koncentrację i zwiększać ryzyko ergonomiczne. Włączenie tych zmiennych do symulacji DT pozwala lepiej zrozumieć warunki pracy w miejscu pracy.

Zrównoważony rozwój to kolejna istotna kwestia. Sami DT zużywają zasoby: przetwarzanie danych, sprzęt i infrastruktura wspierająca, takie jak centra danych, wymagają znacznej ilości energii i wody, a jednocześnie wykorzystują rzadkie materiały, które przyczyniają się do powstawania e-odpadów. Efektywne zarządzanie przechowywaniem danych i stosowanie zasad ekoprojektowania pomagają zmniejszyć wpływ na środowisko. Oceny cyklu życia oraz zgodność z przepisami takimi jak ISO 14001 są kluczowe dla minimalizacji śladu DT.

Łączność stanowi kolejne wyzwania. DT polegają na urządzeniach IoT, chmurze obliczeniowej oraz analityce czasu rzeczywistego. Produkcja i utrzymanie sieci czujników — akcelerometrów, czujników termicznych, znaczników RFID — wiąże się z kosztami materiałowymi i energetycznymi. Urządzenia te często wykorzystują pierwiastki ziem rzadkich, baterie litowe oraz półprzewodniki, których wydobycie i przetwarzanie generują emisję gazów cieplarnianych, zanieczyszczenie wody, toksyczne odpady oraz trudności w recyklingu.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Wdrożenie Cyfrowego Bliźniaka (DT) w produkcji wymaga zgodności z kluczowymi normami, w tym ISO/IEC 27001:2022 dla bezpieczeństwa danych, RODO (2016) dla prywatności, NIST (2018) dla cyberbezpieczeństwa, ISO 14001:2015 dla wpływu na środowisko, ISO 50001:2018 dla zarządzania energią oraz ISO 45001:2018 dla bezpieczeństwa w miejscu pracy. Ergonomia i interoperacyjność są uwzględnione w normach ISO 9241 (2019), EN 1335:2020 oraz IEC 62264 (2013), zapewniając zrównoważone, bezpieczne i efektywne funkcjonowanie.



Zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności procesów produkcyjnych przy jednoczesnym minimalizowaniu ich wpływu na środowisko poprzez zastosowanie technik symulacyjnych w ramach cyfrowych bliźniaków



Rozwiązania



Produkcja skoncentrowana na człowieku

Siemens

Niemcy ↻

Tecnomatix to kompleksowy pakiet oprogramowania do produkcji cyfrowej opracowany przez Siemens Digital Industries Software. Umożliwia producentom cyfrowe planowanie, symulację i optymalizację procesów produkcyjnych, ułatwiając przekształcenie innowacyjnych pomysłów w namacalne produkty. Integrując dane w czasie rzeczywistym z różnych dziedzin produkcji, pomaga synchronizować inżynierię produktu, inżynierię produkcji, realizację produkcji oraz inżynierię usług, maksymalizując tym samym efektywność produkcji.



Cyfrowe modelowanie człowieka w ergonomii wirtualnej

Dassault Systemes

Francja ↻

DELMIA pomaga inżynierom produkcji projektować bezpieczne i efektywne miejsca pracy wirtualnie, aby uniknąć kosztownych błędów w świecie fizycznym. Nasze oprogramowanie Wirtualnej Ergonomii pozwala projektantom i inżynierom pokonywać problemy z postawami, symulując interakcję człowieka i ergonomiczne zachowania między produktem a systemem już od najwcześniejszych etapów procesu projektowania. Projektanci produktów i inżynierowie produkcji mogą rozwiązać problemy ergonomiczne praktycznie jak najwcześniej, aby poprawić dobrostan pracowników, obniżyć koszty urazów związanych z pracą i zwiększyć produktywność w rzeczywistości. Ponadto mogą podejmować szybkie i efektywne decyzje, aby osiągnąć swoje cele projektowe, zapewniając odpowiednie wskazówki projektantom produktów i miejsc pracy, nawet tym z niskim ergonomicznym doświadczeniem.



Oprogramowanie do zapobiegania ryzykom zawodowym oparte na sztucznej inteligencji

Sial Technologies

Hiszpania ↻

Safe to platforma, która automatyzuje EHS Twojej firmy, przewidując każdy wypadek, aby poprawić bezpieczeństwo pracowników. Jest aktywnym narzędziem zapobiegania ryzyku. Wykrywa i informuje w czasie rzeczywistym o wszystkich potencjalnie niebezpiecznych sytuacjach, takich jak brak środków ochrony osobistej, zablokowane ścieżki, prędkość pojazdu. Podjąć działania, zanim sprawa stanie się poważna.



Ergonomiczny Cyfrowy Bliźniak

Moovency

Francja ↻

KIMEA to innowacyjne ergonomiczne rozwiązanie cyfrowych bliźniaków, zaprojektowane do oceny i zapobiegania zaburzeniom układu mięśniowo-szkieletowego (MSD) w środowisku pracy. Wykorzystując kamery pomiarowe głębi, takie jak Microsoft Kinect, KIMEA rejestruje trójwymiarowe dane szkieletowe pracowników wykonujących zadania. Dane te są następnie przetwarzane za pomocą zaawansowanych algorytmów, aby skorygować potencjalne zastony i nieścisłości, zapewniając precyzyjną analizę nawet w złożonych warunkach przemysłowych. System tworzy cyfrowego bliźniaka operatora w czasie rzeczywistym, automatycznie przetwarzając gesty i postawy w ergonomiczne wskaźniki. Pozwala to na dynamiczną analizę ryzyka MSD, umożliwiając organizacjom skuteczne priorytetyzowanie interwencji i wdrażanie ukierunkowanych strategii zapobiegania



Inteligentna analityka bezpieczeństwa

Soter

Stany Zjednoczone ↻

SoterAI, platforma stawiająca na AI przede wszystkim daje liderom ds. EHS bezprecedensową widoczność ryzyka i moc predykcyjną. Platforma bezpiecznie analizuje złożone, wieloźródłowe dane dotyczące bezpieczeństwa przedsiębiorstw, aby identyfikować pojawiające się ryzyka i przewidywać potencjalne incydenty zanim do nich dojdzie. Dostarcza praktycznych informacji potrzebnych do proaktywnego ograniczania ryzyka, zapewnienia zgodności we wszystkich lokalizacjach oraz optymalizacji ogólnej strategii EHS dla mierzalnych rezultatów biznesowych.



Szkolenia z zakresu BHP poprzez Digital Twin

PREVU3D

Kanada ↻

Prevu3D to oprogramowanie cyfrowe bliźniaki, które pozwala wizualizować zasoby w 3D, umożliwiając monitorowanie w czasie rzeczywistym ich stanu operacyjnego oraz danych historycznych. Platforma oferuje immersyjne tryby nawigacji, od przejścia po widoki CAD z góry, poprawiając widoczność i dopasowanie zespołów. Zaawansowane skanowanie 3D i przetwarzanie siatki wspierają planowanie pojemności i symulację zmian układu bez konieczności fizycznej obecności. Prevu3D umożliwia również organizacjom doskonalenie szkoleń pracowników poprzez immersyjne testy scenariuszowe 3D, pomagając priorytetowo traktować bezpieczeństwo i minimalizować ryzyko operacyjne.

**Cyfrowe rozwiązania poznawcze dla liderów branży***Cognitwins*

Stany Zjednoczone ⇄

CogniTwinns pomaga wykorzystać potencjał Cognitive Digital Twins, Threads i Swarms, aby skutecznie przekształcać obecny biznes i tworzyć nowe, odporne na przyszłość linie inteligentnych produktów, rozwiązań i usług.

**DT do analizy cyklu życia aktywów przemysłowych***Heksagon*

Szwecja ⇄

HxGN SDx2 to platforma natywna w chmurze, opracowana przez Hexagon do zarządzania całym cyklem życia zasobów przemysłowych. Integruje wizualizacje 2D/3D w czasie rzeczywistym, dane inżynierskie i operacyjne, umożliwiając predykcje utrzymania technicznego, poprawę bezpieczeństwa oraz podejmowanie decyzji opartych na danych. Zbudowany na Microsoft Azure, wspiera środowiska cyfrowych bliźniaków dla efektywności przemysłowej i zrównoważonego rozwoju.

**HEGO***Emoji*

Włochy ⇄

Body Tracker firmy Emoji, zwany HEGO, to system oparty na sztucznej inteligencji, nieinwazyjny, zaprojektowany do monitorowania postawy i ruchów pracowników w czasie rzeczywistym. Ocenia on ryzyko ergonomiczne, analizując różne pozycje i kąty ciała, takie jak zgięcie głowy i tułowia, ruchy ramion oraz kąty stawów. System oblicza międzynarodowe indeksy ergonomiczne, takie jak REBA, RULA i OCRA, zapewniając szczegółową ocenę ryzyka zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego (MSD). Dane są dostępne zarówno dla firm, jak i ergonomii poprzez panel nawigacyjny, co umożliwia proaktywne interwencje i spersonalizowane zmiany w miejscu pracy. W pełni zgodny z RODO, Body Tracker zwiększa bezpieczeństwo w miejscu pracy i ergonomię bez potrzeby stosowania inwazyjnego sprzętu.

**Zrównoważona produkcja***Instytut Technologii Przemysłowych i**Automatyzacji (ITIA) – Narodowa Rada Badawcza (CNR)*

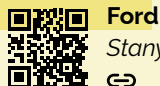
Włochy ⇄

Projekt "Zrównoważona Produkcja", prowadzony przez ITIA-CNR i z udziałem głównych partnerów, takich jak Politecnico di Milano i Università Politecnica delle Marche, ma na celu opracowanie technologii i metodologii umożliwiających projektowanie zrównoważonych produktów i fabryk przez cały cykl życia produktu. Promuje ekodesign, efektywne wykorzystanie zasobów oraz produkcję skoncentrowaną na ludziach. Zastosowania obejmują formułowanie polimerów, ekofabryki oraz deprodukcję. Kluczowe innowacje obejmują energooszczędne systemy, odzież roboczą wyposażoną w czujniki, intuicyjne interfejsy multimodalne oraz rozszerzoną rzeczywistość do monitorowania fabryk. Projekt opracowuje także nowe modele biznesowe dla produkcji o cyrkularnym obiegu. Wspierany przez szeroką sieć firm, wzmacnia włoskie przywództwo w wysokowydajnych, zrównoważonych systemach produkcji. W trakcie realizacji projektu szczególną uwagę poświęcono testowaniu różnych ergonomicznych narzędzi oceny zintegrowanych z DT zaangażowanych fabryk, aby zidentyfikować potencjalne zastosowania redukcji MSD, poprawę projektowania workbeches oraz ogólnie zrównoważony rozwój przemysłu.

Zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności procesów produkcyjnych przy jednoczesnym minimalizowaniu ich wpływu na środowisko poprzez zastosowanie technik symulacyjnych w ramach cyfrowych bliźniaków



Przykłady



Ford

Stany Zjednoczone



Ergonomia spotyka inżynierię immersyjną: Praca na taśmie montażowej nie jest łatwa. Produkcja pojazdu co 60 sekund wymaga dużo rozciągania, sięgania, podnoszenia, ciągnięcia i pchania. Poprzez wynoszenie śledzenia ruchu i symulacji ruchu na nowy szczyt inżynierii immersyjnej, Ford Motor Co. osiąga ogromne postępy dzięki analizom ergonomicznym w znacznym ograniczeniu urazów podczas montażu. Dodatkowo, jakość się poprawiła.



Grupa BMW

Austria



Zmniejszenie zużycia energii silników samochodowych w cyklu życia dzięki symulacji zakładowej: Producenci samochodów zazwyczaj produkują większość kluczowych części i komponentów swoich silników na własnym rynku. Skrzynia korbowa, wał korbowy, głowica cylindrów i korbowody są mocowane na styku, frezowaniu, wierceniu, szlifowaniu i szlifowaniu na zaawansowanych liniach produkcyjnych i transferowych w zakładach takich jak BMW Motoren GmbH, największa fabryka silników w ramach Grupy BMW zlokalizowana w Steyr w Austrii, około trzy godziny jazdy od siedziby w Monachium w Niemczech.



Volkswagen

Niemcy



Narzędzie „Wirtualny człowiek” poprawia ergonomię: Ergonomia kiedyś brzmiała obco, ale niewiele znaczyła dla firm, ale dziś może mieć ogromny wpływ na poziom produktywności. Wyobraźmy sobie, że ergonomia stanowiska pracy zostaje zignorowana – skutki mogą być katastrofalne. Weźmy pod uwagę taką sytuację: konkretne połączenie śruby jest trudne do osiągnięcia dla pracownika, a w konsekwencji trudno jest mu dokręcić śrubę. Linia montażowa toczy się w nieustannym tempie, a pracownik ma trudności z nadążaniem, co sprawia, że jego i tak niewygodna pozycja jest jeszcze bardziej bolesna podczas próby kontynuowania pracy. W efekcie może to być zatrzymanie całej linii produkcyjnej – na co żadna firma nie może sobie pozwolić. W niektórych sytuacjach może nawet nie być możliwe dotrzymanie terminów dostawy.



Electrolux

Stany Zjednoczone



Światowe planowanie przepływu fabryk i materiałów 3D: Dzięki dobrym możliwościom wizualizacji Tecnomatix mogą pokazać zarządowi wczesny etap planowania, który sprawia, że procesy są wiarygodne. Technologia 3D pomaga w weryfikacji koncepcji montażu oraz w wyborze dostawców rozwiązań automatyzacyjnych i dostarcza wglądów, których wcześniej nie miałem.



KONE

Finlandia



Szukam narzędzia do symulacji 3D i planowania układu: KONE zdecydowało, że nadszedł czas, aby poszukać rozwiązania, które nie tylko pomoże im w planowaniu i projektowaniu nowych rozwiązań produkcyjnych, ale także poprawi komunikację z interesariuszami podczas procesu planowania i rozwoju.



CETEM

Hiszpania



Digital Twin wykrywa, gdzie poprawić bezpieczeństwo mebli i proponuje przeprojektowania nowych prototypów: System testowania mebli oparty na sztucznej inteligencji predykcyjnej będzie wspierał efektywność i produktywność hiszpańskiego sektora meblowego oraz zaoszczędził koszty, ale nie zastąpi tradycyjnych testów fizycznych, które są niezbędne do krajowych i międzynarodowych certyfikacji produktów w akredytowanych laboratoriach.




Ergonomia TuMeke

Stany Zjednoczone



Platformy oparte na AI do oceny ryzyka: Platforma oparta na sztucznej inteligencji TuMeke umożliwia monitorowanie w czasie rzeczywistym postawy i ruchów w miejscu pracy za pomocą widzenia komputerowego, automatycznie identyfikując zagrożenia ergonomiczne. Centralizuje dane na wielu lokalizacjach w jednolitym pulpicie, eliminując niespójności i umożliwiając standaryzowaną ocenę. System natychmiast ostrzega o niebezpiecznych zachowaniach (takich jak niebezpieczne podnoszenie czy powtarzające się ruchy), umożliwiając szybkie interwencje. Przyspiesza oceny ryzyka nawet do 20 razy w porównaniu z tradycyjnymi metodami i zmniejsza liczbę urazów nawet o 68%, poprawiając bezpieczeństwo w miejscu pracy.


Grupa Biesse

Włochy



Cyfrowy bliźniak dla sektora drewna i mebli: Grupa Biesse używa B_SOLID, oprogramowania Digital Twin, które symuluje maszyny stolarskie CNC w 3D. Umożliwia wirtualne testowanie procesów obróbki, zapobieganie błędom, optymalizację ścieżek narzędzi oraz poprawę efektywności produkcji. Ta innowacja podnosi jakość produktów, ogranicza odpady i wspiera predykcijną konserwację w branży meblarskiej.


Uniwersytet w Kampanii Luigi Vanvitelli

Włochy



Cyfrowy bliźniak do monitorowania ergonomii podczas produkcji: W erze inteligentnych fabryk, w zakresie ergonomii procesów produkcyjnych, Cyfrowy Bliźniak (DT) jest kluczowy do tworzenia nowych modeli monitorowania wydajności pracy manualnej, które mogą dostarczać wyniki niemal w czasie rzeczywistym oraz wspierać proces decyzyjny w celu poprawy warunków pracy. Niniejszy artykuł ma na celu zaproponowanie ram metodologicznych, które poprzez wdrożenie ludzkiego DT wspierają monitorowanie i podejmowanie decyzji dotyczących ergonomii ręcznych linii produkcyjnych. Przedstawione jest studium przypadku, przeprowadzane w laboratorium, aby wykazać zastosowanie i skuteczność proponowanych ram. Wyniki pokazują, jak można zidentyfikować problemy operacyjne manualnego stanowiska roboczego oraz jak można proponować i testować ulepszające rozwiązania


KITT4SME

Włochy

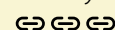


Zdrowie, bezpieczeństwo i ErGOnimics dla przyszłej fabryki skoncentrowanej na człowieku: Projekt, finansowany przez Type-A Open Call KITT4SME (n. 952119), obejmował opracowanie narzędzia do oceny ergonomicznej opartego na AI, stosowanego w Salvarani, producentze maszyn rolniczych z siedzibą w Reggio Emilia. System AI analizował ruchy i postawy pracowników w czasie rzeczywistym, automatycznie obliczając ergonomiczne wskaźniki ryzyka, takie jak REBA i RULA. Wyniki wykazały, że ocena oparta na AI była nie tylko porównywalna z tradycyjnymi metodami wykorzystującymi wirtualne manekiny i eksperckie obserwacje, ale w niektórych przypadkach nawet dokładniejsza i bardziej spójna. Narzędzie umożliwia ciągły, nieinwazyjny monitoring, oferując skalowalne rozwiązanie poprawiające ergonomię miejsca pracy w środowiskach przemysłowych.




Biesse Group i Università Politecnica delle Marche

Włochy



Projekt Intelligence 5.0, realizowany przez Università Politecnica delle Marche and Biesse (czołowego producenta maszyn do obróbki mebli), odpowiadał na rosnące zapotrzebowanie na predykcijną konserwację i diagnostykę w sektorze mechatroniki, wykorzystując technologie Przemysłu 4.0. Te usługi, choć obiecujące, często były niedostatecznie wykorzystywane ze względu na złożoność, brak wiedzy i niepewne zwroty finansowe. Projekt opracował nową generację maszyn "samoświadomych", integrujących cyfrowe bliźniaki, sztuczną inteligencję, zarządzanie wiedzą oraz rozszerzoną rzeczywistość. Systemy te zbierają dane w czasie rzeczywistym, przetwarzają je za pomocą modeli poznawczych i sugerują optymalne strategie utrzymania i produkcji. Podejście skoncentrowane na użytkowniku zapewniało zgodność z rzeczywistymi potrzebami operacyjnymi. Efektem: zwiększona niezawodność maszyn, krótsza liczba przestojów oraz mądrzejsze decyzje w zakresie projektowania, eksploatacji i logistyki.


Grupa BMW

Niemcy



Innowacja 3D symulacja człowieka do planowania i szkolenia do przyszłej produkcji: Zakład BMW Group Regensburg wykorzystuje zaawansowaną technologię "3D symulacji człowieka" zintegrowaną z cyfrowym bliźniakiem fabryki, aby planować produkcję nowego modelu generacji pojazdów NEUE KLASSE z wyprzedzeniem na wiele lat. Ta cyfrowa symulacja wiernie odtwarza nie tylko środowisko fabryki i linie montażowe, ale także ruchy i zadania operatorów, umożliwiając ergonomiczne analizy i optymalizację przepływu pracy. Operatorzy mogą być również szkoleni na wczesnym etapie, korzystając z gogli VR, które zanurzają ich w realistycznym środowisku wirtualnym, poprawiając efektywność i bezpieczeństwo przed rozpoczęciem faktycznej produkcji. Projekt ten stanowi ważny krok w kierunku inteligentnej, potężnej fabryki przyszłości BMW, skracając czas i koszty planowania, jednocześnie podnosząc jakość pracy ludzkiej na hali produkcyjnej.

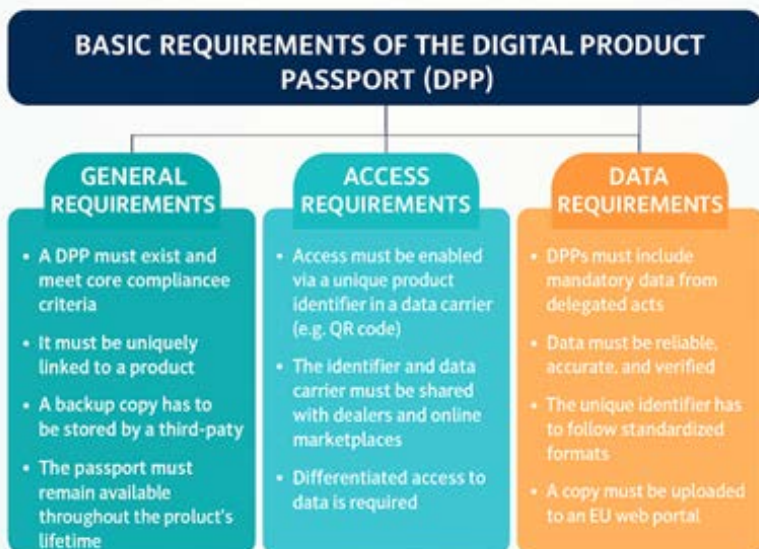
Śledzenie produktów w sektorze meblowym poprzez Digital Product Passport (DPP)



1



2



Trudność implementacji: **Wysoki**Opłacalność ekonomiczna: **Srednie**

Śledzenie produktów w sektorze meblowym poprzez Digital Product Passport (DPP)



Opis

Śledzenie produktu odnosi się do możliwości śledzenia pochodzenia, historii i ruchu produktu oraz jego komponentów w całym łańcuchu wartości. Jest kluczowym czynnikiem umożliwiającym zrównoważoną produkcję, zgodność z przepisami oraz przejrzystość konsumentów. W tym kontekście Digital Product Passport (DPP) wyłania się jako centralne narzędzie do strukturyzowania i udostępniania danych związanych z produktem na przestrzeni całego cyklu życia.

DPP jest kluczowym elementem rozporządzenia UE o projektowaniu ekologicznym dla produktów zrównoważonych (ESPR), mającym na celu zwiększenie przejrzystości, cyrkularności i zrównoważonego rozwoju. Choć DPP sam w sobie nie jest technologią, jego wdrożenie opiera się na zestawie narzędzi cyfrowych, które umożliwiają uporządkowaną, bezpieczną i w czasie rzeczywistym udostępnianie danych.

Centralnym elementem DPP są technologie umożliwiające unikalną identyfikację każdego fizycznego produktu i cyfrowe połączenie z weryfikowanymi informacjami.

Należą do nich:

kody QR, kody kreskowe, tagi RFID lub NFC, które działają jako nośniki danych wbudowane w produkt, zapewniając bezpieczny dostęp do cyfrowej tożsamości;

Platformy oparte na chmurze, które bezpiecznie zarządzają i przechowują uporządkowane dane cyklu życia;

Technologie blockchain, które mogą zapewnić integralność, przejrzystość i uwierzytelnianie danych;

Systemy cyfrowych bliźniaków, które tworzą wirtualną reprezentację każdego produktu, dostarczając informacji o tym, czym jest, kto nad nim ma kontrolę, gdzie znajduje się geograficznie w łańcuchu dostaw oraz nieustannie aktualizując dane o materiałach, procesach i metrykach zrównoważonego rozwoju.

Technologie te umożliwiają bezpieczne zbieranie i kontrolowane udostępnianie szerokiego zakresu informacji, takich jak źródła surowców, szczegóły produkcji, ślad węglowy, materiały z recyklingu, zgodność z przepisami bezpieczeństwa, instrukcje naprawcze oraz opcje na koniec okresu eksploatacji.

1 DPP – Wymiana informacji

Konsument, regulatorzy i aktorzy łańcucha dostaw mogą natychmiast uzyskać dostęp do wybranych danych, skanując kod lub korzystając z interfejsu cyfrowego.

2 DPP - technologia kodów QR

ESPR definiuje minimalne wymagania dla implementacji DPP, w tym unikalny identyfikator produktu, interoperacyjność z innymi systemami, dokładność i weryfikację

danych oraz zróżnicowane poziomy dostępu. Kopia zapasowa musi być bezpiecznie przechowywana przez zaufanego dostawcę zewnętrznego, a DPP musi pozostać dostępny przez cały okres produktu.

3 DPP - Podstawowe wymagania

W branżach takich jak meblarstwo, gdzie materiały i komponenty często pochodzą z różnych źródeł, technologie umożliwiające DPP oferują solidne ramy do zarządzania śledzicielem. Ułatwiają zgodność z przepisami UE, w tym Ogólnym Rozporządzeniem o Bezpieczeństwie Produktu (GPSR), Rozporządzeniem UE o Wylesianiu (EUDR) oraz REACH, jednocześnie umożliwiając bardziej zrównoważone projektowanie produktów i przejrzystą komunikację z konsumentami. Ważne jest, aby zauważyć, że w nadchodzących przepisach UE ma opublikować bardziej szczegółowe informacje na temat wymagań DPP na podstawie aktów delegowanych.

Podsumowując, DPP jest możliwy dzięki ekosystemowi technologicznemu, który łączy fizyczne produkty z ich cyfrową tożsamością, czyniąc śledzenie nie tylko możliwym, ale także centralnym elementem przyszłych, okrągłych i zgodnych z przepisami łańcuchów dostaw.



Zastosowanie

Wyobraź sobie, że skanujesz kod QR krzesła i natychmiast odkrywasz, skąd pochodzą jego materiały, jak zostało wykonane, jak długo służy i jak je poddać recyklingowi po zakończeniu jego życia.

4 DPP - Zastosowanie w sektorze meblowym

To jest obietnica Digital Product Passport (DPP) w sektorze meblowym. DPP, zaprojektowany w celu poprawy zrównoważonego rozwoju, przejrzystości i śledzenia, staje się niezbędnym narzędziem dla firm przyjmujących zasady gospodarki o obiegu zamkniętym i większą odpowiedzialność ekologiczną.

5 DPP - Śledzenie i innowacje

6 DPP - LCA i cyrkularność

Śledzenie materiałów i przezroczystość produkcji

W przypadku DPP każdy mebel staje się udokumentowaną historią. Materiały można powiązać z odpowiedzialnie zarządzanymi lub recyklingowymi źródłami, a ich ślad środowiskowy jest widoczny. Proste skanowanie daje konsumentom dostęp do szczegółów dotyczących zaopatrzenia, łańcuchów dostaw i danych produkcyjnych. Pokazuje również, ile CO₂ powstało podczas pro-

Śledzenie produktów w sektorze meblowym poprzez Digital Product Passport (DPP)

dukcji oraz które komponenty można poddać recyklingowi lub ponownemu wykorzystaniu.

Certyfikaty, standardy i zgodność z regulacjami

DPP może zawierać odpowiednie certyfikaty dotyczące jakości produktu, bezpieczeństwa i wydajności środowiskowej, takich jak materiały o niskiej emisji czy odporność na pożar. W kontekście zmieniających się europejskich regulacji paszport wspiera zgodność prawną, zmniejsza ryzyko i zwiększa wiarygodność firmy w raportowaniu zrównoważonego rozwoju.

Mierzenie zrównoważonego rozwoju i wpływu na środowisko

Firmy mogą korzystać z DPP do monitorowania i komunikowania wydajności środowiskowej swoich produktów. Obejmuje to dane dotyczące zużycia energii, emisji dwutlenku węgla oraz wskaźników obiegu, takich jak recyklowalność czy kompostowalność. Udostępnianie tych informacji wspiera świadome zakupy i wzmacnia wartości środowiskowe marki.

Konserwacja, gwarancja i pielęgnacja produktu

Konsumenci mają łatwy dostęp do instrukcji pielęgnacji, instrukcji i szczegółów dotyczących części zamiennych. Z czasem do paszportu można dodawać historię napraw i dokumentację konserwacyjną, czyniąc go dynamicznym narzędziem do predykcji konserwacji. To wydłuża żywotność produktu i zachęca do naprawy zamiast wczesnej wymiany.

Wytyczne dotyczące zarządzania i recyklingu pod koniec okresu użytkowania

DPP dostarcza jasne instrukcje demontażu i identyfikuje materiały, co ułatwia oddzielanie komponentów do recyklingu. Upraszcza to procesy zbierania, zwiększa efektywność recyklingu i wspiera zarządzanie zasobami w obiegu obiegu.

Wspieranie modeli biznesowych projektowania i ponownego wykorzystania kołowego

Dzięki prowadzeniu cyfrowego rejestru życia produktu, DPP wspiera innowacyjne modele biznesowe, takie jak leasing, programy wykupu, odsprzedaż używanych mebli oraz remonty. Paszport może być aktualizowany za każdym razem, gdy produkt jest naprawiany lub modyfikowany, zachowując jego wartość i użyteczność przez wiele cykli życia.

Angażowanie konsumentów poprzez przejrzyste informacje

Przejrzystość wzmacnia zaufanie konsumentów. DPP zapewnia natychmiastowy dostęp do zweryfikowanych informacji o składzie produktu, pochodzeniu i zrównoważonym rozwoju. To umożliwia klientom podejmowanie świadomych, odpowiedzialnych wyborów i wspiera

przesunięcie w kierunku bardziej etycznych wzorców konsumpcji.

Optymalizacja zapasów i planowania produkcji

Po integracji z systemami cyfrowymi, takimi jak platformy ERP, DPP poprawia przepływ danych między działami. Dokładne, aktualne informacje o każdym produkcie pomagają optymalizować zapasy, dostosowywać produkcję do popytu oraz ograniczać marnotrawstwo w logistyce i łańcuchu dostaw.



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Wysoki

Wdrożenie Digital Product Passport (DPP) w sektorze meblowym jest niepewne i złożone. Wymaga to oceny różnych technologii (np. blockchain, ekosystemów usług danych), zapewnienia interoperacyjności oraz integracji DPP z istniejącymi systemami. Dodatkowe wyzwania wynikają ze struktury sektora: wiele małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) o różnym poziomie gotowości cyfrowej oraz silnie rozdrobniony łańcuch dostaw obejmujący licznych dostawców i podwykonawców. Skuteczna kontrola dostępu, bezpieczeństwo danych oraz mechanizmy weryfikacji są również niezbędne.

Opłacalność ekonomiczna: Średnie

Opłacalność ekonomiczna Digital Product Passport (DPP) w sektorze meblarskim można uznać za średnią, ponieważ początkowe koszty związane z wdrażaniem nowych technologii, szkoleniem personelu i modernizacją systemów IT są znaczące, zwłaszcza dla MŚP. Jednak w średnim i długim terminie DPP oferuje wyraźne korzyści ekonomiczne: zwiększoną efektywność, dostęp do rynków opartych na zrównoważonym rozwoju, poprawę wizerunku marki oraz redukcję odpadów. Modele łańcucha dostaw oparte na współpracy oraz publiczne zachęty mogą dodatkowo poprawić zrównoważoną gospodarczość inicjatywy.

Czynniki ludzkie

Wdrożenie Digital Product Passport (DPP) w sektorze drewna i meblarstwa to nie tylko innowacje technologiczne, wymaga transformacji skoncentrowanej na człowieku. Pracownicy odgrywają kluczową rolę w tej transformacji, a ich zdolność do adaptacji, nauki i aktywnego angażowania się w nowe systemy jest decydującym czynnikiem sukcesu DPP.

Aby sprostać tym nowym wymaganiom, profesjonalści muszą rozwijać szeroki zakres umiejętności cyfrowych. Należą do nich biegłość technologiczna, świadomość bezpieczeństwa danych oraz solidne podstawy w na-

rzędziach ICT, obsłudze danych i procesach dokumentacji cyfrowej.

Jednak opanowanie technologii to tylko część równania. Przejście na procesy cyfrowe wymaga także umiejętności miękkich, takich jak elastyczność, myślenie analityczne, współpraca i skuteczna komunikacja, które są kluczowe dla dostosowania cyfrowych przepływów pracy z praktykami realnych światów. Kluczowym ludzkim aspektem jest potrzeba promowania nastawienia na ciągłe uczenie się.

W miarę rozwoju narzędzi i systemów cyfrowych pracownicy muszą być wspierani poprzez dostępne szkolenia, mentoring i inicjatywy uczenia się rówieśniczego, zwłaszcza tych, którzy mogą być mniej obeznani z technologiami cyfrowymi.

Zachęcanie do ciągłego uczenia się sprawia, że każdy może pewnie uczestniczyć w innowacjach, a nie zostać pozostawionym w tyle.

Ważne jest także zajęcie się emocjonalnymi i psychologicznymi aspektami zmiany. Cyfryzacja może prowadzić do niepewności, oporu lub niepokoju, zwłaszcza jeśli transformacja wydaje się odgórna, zbyt techniczna lub oderwana od codziennych potrzeb. Dlatego budowanie wspierającej, inkluzywnej kultury organizacyjnej jest kluczowe. Pracownicy powinni być zaangażowani w proces przejścia, czuć się wysłuchani oraz mieć poczucie sprawczości, uznania i możliwości rozwoju.

Ostatecznie sukces DPP zależy nie tylko od wprowadzonych narzędzi, ale także od tego, jak znacząco osoby są szkolone, zaangażowane i upoważnione do angażowania się w ich rolę w organizacji.

■ Czynniki środowiskowe

Wprowadzenie Digital Product Passport (DPP) w sektorze drewna i mebli stanowi istotny krok w kierunku większej zrównoważoności środowiskowej. To narzędzie cyfrowe umożliwia zbieranie, śledzenie i udostępnianie szczegółowych informacji o cyklu życia produktu – od pozyskiwania surowców po produkcję, dystrybucję, użytkownika i koniec okresu użytkowania.

W tym kontekście czynniki środowiskowe odgrywają kluczową rolę, bezpośrednio wpływając na sposób projektowania, produkcji i utylizacji produktów.

Dzięki DPP firmy mogą monitorować i raportować kluczowe wskaźniki środowiskowe, takie jak ślad węglowy, zużycie energii, recyklażliwość materiałów, obecność niebezpiecznych chemikaliów oraz poziomy obiegu. Te dane pozwalają nie tylko lepiej ocenić wpływ produktu na środowisko, ale także zachęcają do bardziej odpowiedzialnych praktyk i ekologicznych strategii projektowych.

Ponadto DPP promuje przejrzystość i odpowiedzialność w całym łańcuchu wartości – od producentów po konsumentów, umożliwiając bardziej świadome i zrównoważone decyzje zakupowe. Poprawia także zarządzanie po zakończeniu okresu użytkowania, zapewniając łatwiejszy dostęp do informacji o materiałach i komponentach, ułatwiając ponowne użycie, recykling lub właściwą utylizację. Jednak zrównoważona ekologiczność samych systemów DPP musi być również krytycznie oceniona, biorąc pod uwagę infrastrukturę cyfrową, zarządzanie danymi oraz zależności sprzętowe wspierające ich wdrożenie.

DPP polegają na identyfikatorach specyficznych dla produktu, takich jak tagi RFID, kody QR oraz wbudowane czujniki IoT, które są powiązane z bazami danych w chmurze oraz blockchainem lub scentralizowanymi systemami informacyjnymi. Produkcja tych cyfrowych identyfikatorów i tagów obejmuje tworzywa sztuczne, układy scalone na bazie krzemu, anteny, a w niektórych przypadkach także baterie. To budzi obawy dotyczące zużycia zasobów, odpadów elektronicznych i materiałów toksycznych, zwłaszcza gdy DPP są wdrażane na dużą skalę w milionach produktów.

Ponadto infrastruktura danych wspierająca DPP, taka jak serwery czy platformy chmurowe, wprowadza znaczne zużycie zasobów oraz zapotrzebowanie na energię i wodę. Systemy DPP oparte na blockchainie, oferując przejrzystość i niezmiennność danych, były krytykowane za wysoką intensywność energetyczną. Nawet podejścia oparte na chmurze lub hybrydowe obejmują ciągłą transmisję, przechowywanie i operacje bezpieczeństwa, co przyczynia się do wpływu cyfrowych łańcuchów dostaw na środowisko.

5



Śledzenie produktów w sektorze meblowym poprzez Digital Product Passport (DPP)

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

DPP w sektorze meblowym musi być zgodny z przepisami

UE, takimi jak **rozporządzenie Ecodesign for Sustainable Products (ESPR)**, **rozporządzenie REACH (w tym ograniczenia dotyczące formaldehydu)**, **ogólne rozporządzenie o bezpieczeństwie produktów (GPSR)**, **rozporządzenie UE dotyczące wylesiania (EUDR)** oraz **kryteria zielonych zamówień publicznych (GPP)**.

Oznaczenie CE może być stosowane w zależności od rodzaju produktu. Programy dobrowolne, takie jak **FSC**, **PEFC**, **EKU** **EKU** i **EPD**, wspierają przejrzystość i są cenne, gdy są zintegrowane z DPP w zakresie komunikacji zrównoważonego rozwoju i zgodności.

Odniesienia do regulacji UE:

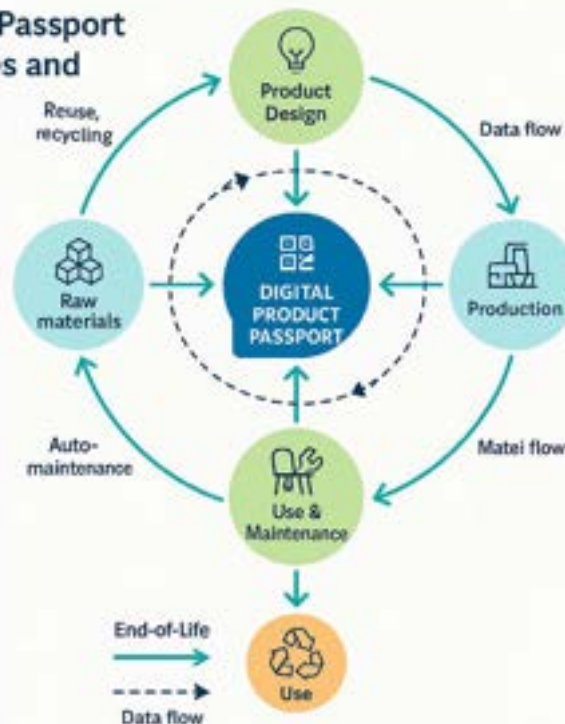
- Regulacja dotycząca ekoprojektowania dla produktów zrównoważonych (ESPR): ↪
- Rozporządzenie REACH (w tym ograniczenia dotyczące fali formaldehydu): ↪
- Ogólne Rozporządzenie dotyczące bezpieczeństwa Produktu (GPSR): ↪
- Rozporządzenie UE o wylesianiu (EUDR): ↪
- Kryteria Zielonych Zamówień Publicznych (GPP): ↪

How the Digital Product Passport supports traceability and innovation in furniture sector



6

How the Digital Product Passport connects lifecycle phases and supports circularity



7

Śledzenie produktów w sektorze meblowym poprzez Digital Product Passport (DPP)



Rozwiązania



Blockchain

EZ Lab

Włochy ↻

EZ Lab opracowało platformę Made in Block do tworzenia cyfrowych paszportów dla produktów meblowych, wykorzystując technologię blockchain, aby zapewnić śledzenie i niezmienną wartość danych w całym łańcuchu produkcyjnym. Zeskanowanie kodu QR produktu zapewnia dostęp do szczegółów dotyczących produkcji, pochodzenia surowców oraz certyfikatów zrównoważonego rozwoju, zapewniając przejrzystość i wspierając przygotowanie do przyszłej zgodności z ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation).



Kabel QR

ScanTrust

Szwajcaria ↻

ScanTrust oferuje rozwiązanie oparte na kodach QR wspierające wdrożenie Digital Product Passport (DPP). Platforma umożliwia producentom powiązanie każdego produktu z dynamicznym, bezpiecznym i możliwym do śledzenia kodem QR, który łączy się z cyfrowym profilem zawierającym szczegółowe informacje o pochodzeniu materiału, zrównoważonym rozwoju, procesie produkcji, instrukcjach użytkowania, naprawach, ponownym użyciu i recyklingu.



NFC (Komunikacja Bliskiego Pola)

Smartrac (Avery Dennison)

Holandia ↻

Smartrac, będący częścią grupy Avery Dennison, oferuje rozwiązanie NFC (Near Field Communication) do śledzenia produktów i poprawy interakcji z konsumentami. Technologia NFC służy do tworzenia spersonalizowanych doświadczeń i dostarczania szczegółowych informacji o produktach, takich jak ich pochodzenie, autentyczność i dane dotyczące zrównoważonego rozwoju. Tagi NFC pozwalają konsumentom łatwo wchodzić w interakcje z produktami za pomocą smartfonów, uzyskując dostęp do ekskluzywnych treści lub dodatkowych informacji, po prostu zbliżając urządzenie do produktu.



Platforma oparta na chmurze

WOOD.BE

Belgia ↻

WOOD.BE, we współpracy z TripleR.io, opracowuje FurniPASS, cyfrowy paszport produktowy dostosowany do sektora meblowego. W ramach belgijskiej inicjatywy "BBBC 2023" projekt ma na celu stworzenie działającego prototypu zgodnego z nadchodzącymi wymaganiami ESPR. FurniPASS kieruje się do interesariuszy całego łańcucha wartości (producentów, recyklerów, konsumentów i instytucji) i obejmuje takie działania jak mapowanie łańcucha dostaw, wytyczne dotyczące ekoprojektowania oraz testowanie w środowisku demonstracyjnym. Projekt trwa od 2024 do połowy 2026 roku ↻



Bliźniak cyfrowy

HARTING

Niemcy ↻

Coraz więcej obszarów życia jest elektryfikowanych, a sektory inteligentnie ze sobą łączone. Aby osiągnąć prawdziwą neutralność klimatyczną, firmy muszą również krytycznie analizować składniki swoich produktów. I tu wkracza HARTING: cyfrowy bliźniak jest kluczem do określenia informacji o zrównoważonym rozwoju dobra w kontekście cyfryzacji. DPP wzbogaca cyfrowego bliźniaka o kompleksowe dane dotyczące każdego komponentu produktu i umożliwia jego śledzenie.



Przykłady

**System 180 GmbH**

Niemcy



System 180 to niemiecka firma projektująca i produkująca meble do współczesnych przestrzeni roboczych i mieszkalnych. W ramach już zakończonego projektu "Wykrywanie obiektów wspierane przez AI dla zwiększenia efektywności zasobów" firma przyczyniła się do rozwoju modelu gospodarki o obiegu zamkniętym, poprawiając efektywność wykorzystania zasobów w produkcji mebli. Projekt koncentrował się na wdrażaniu technologii widzenia komputerowego do wykrywania i klasyfikacji elementów mebli oraz ich stanu. Kluczowym efektem była integracja tych danych na poziomie obiektowym z Digital Product Passport (DPP), co umożliwiło dokładniejszą trwałość, zwiększony potencjał ponownego wykorzystania oraz lepsze podejmowanie decyzji opartych na danych w całym cyklu życia produktu.

**Projekt R-evolve EU**

Włochy



R-evolve to projekt Horizon – finansowany przez UE, mający na celu przyspieszenie przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym w europejskim sektorze meblowym. Inicjatywa dąży do integracji modeli biznesowych o obiegu zamkniętym, zrównoważonego projektowania, wykorzystania materiałów bio-bazowych lub recyklingowanych oraz narzędzi cyfrowych, takich jak Digital Product Passport (DPP). „R-evolve” angażuje cały łańcuch dostaw mebli, w tym prywatnych, biznesowych i publicznych, oraz realizuje dziewięć projektów pilotażowych z producentami, detalistami i usługodawcami w całej Europie, aby przetestować proponowane innowacje.

Aby zapewnić trwały wpływ, „R-evolve” planuje opracowanie praktycznych wytycznych, materiałów szkoleniowych oraz Wspólnoty Praktyków, która utatwi wymianę wiedzy i wymiany najlepszych praktyk dotyczących transformacji cyrkularnej między różnymi interesariuszami łańcucha dostaw, koordynowanych przez FederlegnoArredo.

**NORNORM**

Dania



NORNORM to technologicznie napędzana usługa wynajmu mebli okrągłych, która minimalizuje marnotrawstwo zasobów dzięki elastycznym rozwiązaniom odpowiadającym zmieniającym się potrzebom przestrzeni roboczych. Paszport Circular NORNORM wykorzystuje kody QR na każdym meblu, dając użytkownikom dostęp do specyfikacji produktu, danych o śladzie węglowym oraz historii użytkowania przedmiotu, a także zgłaszania problemów. To narzędzie poprawia obsługę klienta, umożliwiając zgłaszanie problemów i wspiera zaangażowanie firmy w cykl życia poprzez przejrzyste śledzenie cyklu życia.

**Powłoki ochronne AkzoNobel**

Holandia



AkzoNobel Protective Coatings wprowadziło bezpieczne rozwiązanie do śledzenia, które zwalcza fałszerstwa i poprawia cyfrową komunikację z klientami. Każdy pojemnik z farbą posiada unikalny, bezpieczny kod QR, który umożliwia natychmiastową weryfikację autentyczności produktu za pomocą smartfona. Po zeskanowaniu użytkownicy są kierowani do dedykowanej przestrzeni cyfrowej, gdzie mogą uzyskać dostęp do regionalnych kart danych produktów, dokumentów bezpieczeństwa oraz instrukcji aplikacyjnych. Scentralizowany pulpit śledzi interakcje w czasie rzeczywistym, oferując wgląd w zachowania i preferencje klientów. Przechodząc z dokumentacji papierowej na cyfrową, system nie tylko zwiększa przejrzystość i doświadczenie użytkownika, ale także zmniejsza wpływ na środowisko i wspiera zgodność z przepisami.

**Tonin Casa**

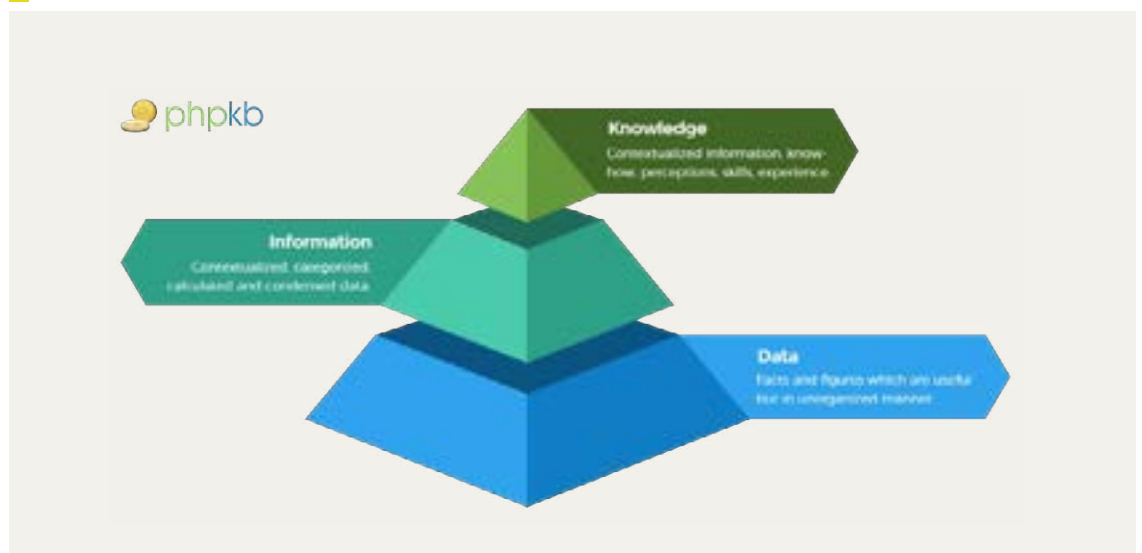
Włochy



Tonin Casa, włoska marka meblowa z ponad 45-letnim doświadczeniem, przyjęła Digital Product Passport zintegrowany z technologią blockchain, aby zwiększyć przejrzystość i możliwość śledzenia. Ta inicjatywa wspiera zaangażowanie firmy w autentyczne rzemiosło Made in Italy oraz przygotowuje na nadchodzące unijne regulacje dotyczące zrównoważonego rozwoju. Podczas Salone del Mobile produkty takie jak krzesło Lisa prezentowały pełną produkcję za pomocą kodów QR, umożliwiając użytkownikom dostęp do szczegółowych informacji o materiałach, bezpieczeństwie i pochodzeniu.



1



Trudność implementacji: **Niski-średni**
 Opłacalność ekonomiczna: **Średnio-wysokie**

Data Science zastosowana w produkcji mebli



Opis

Data science odnosi się do analizy danych w celu wydobycia wiedzy, którą firmy mogą wykorzystać do podejmowania decyzji opartych na danych. Obecnie firmy generują ogromne ilości danych na każdym etapie procesu: od wczesnych etapów projektowania produktu, przez produkcję, aż po każdą interakcję z klientami i dostawcami. Analiza tych danych może pomóc firmom zdobyć wgląd w ich procesy, poprawić wyniki, podejmować świadome decyzje biznesowe i napędzać innowacje.

1 Ścieżka danych do wiedzy ⇄

Niektóre dane generowane przez firmy z branży meblarskiej to: dane o łańcuchu dostaw, projektowanie i materiały produktów, koszty produkcji, sprzedaż i dane o klientach. Ponadto technologie IoT mogą zbierać dodatkowe informacje w czasie rzeczywistym, takie jak informacje środowiskowe (temperatura, poziom hałasu, zanieczyszczenia lub jakość powietrza) lub monitorowanie procesu produkcyjnego (zużycie energii lub wody, zużycie i stan maszyn, wykrywanie usterek i błędów oraz wskaźnik efektywności).

2 Architektura systemów produkcyjnych oparta na chmurze

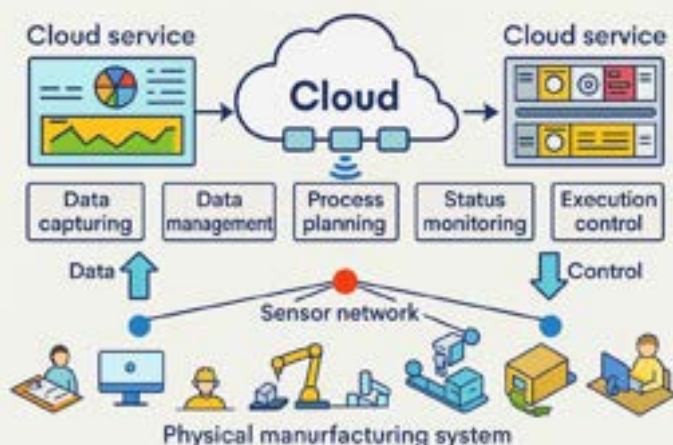
Dzięki odpowiednim technikom analitycznym można wydobyć istotne informacje z danych. Należy zauważyć, że niezależnie od rodzaju analizy, ważne jest zapewnie-

nie jakości danych wejściowych, które muszą spełniać następujące cechy: dokładność (jak poprawne lub bezbłędne są dane), kompletność (ilość danych poprawnych lub kompletnych), wiarygodność (spójność danych z innymi zaufanymi źródłami), trafność (czy dane są użyteczne i odpowiednie do zadania) oraz aktualność (aktualność danych).

Gdy jakość danych zostanie zapewniona, ich analiza może pomóc firmom w podejmowaniu decyzji w wielu różnych obszarach. W zależności od pożądanego wyniku, mogą być wymagane różne techniki analityczne. Techniki te mogą obejmować analizę statystyczną, przetwarzanie danych, wizualizację danych lub algorytmy sztucznej inteligencji.

3 Koncepcyjne ramy inteligentnej produkcji meblowej opartej na technologii opartej na big data (Źródło: autor)

Sektor produkcji mebli może korzystać z przetwarzania danych przez cały swój cykl życia: projektowanie i rozwijanie nowych produktów zgodnych z trendami i potrzebami klientów, mierzenie skuteczności kampanii oraz lepsze zrozumienie zachowań i preferencji klientów w celu skuteczniejszych strategii zaangażowania i utrzymania klientów; prognozowanie podaży i popytu, umożliwiające planowanie produkcji oparte na popytach klientów oraz optymalizację logistyki i transportu produktów; zapewnienie jakości wyrobów poprzez monitorowanie procesu produkcji w czasie rzeczywistym; stosowanie algorytmów wykrywania usterek w celu przewidywania awarii maszyn i zapobiegania awariom, co prowadzi do predykcyjnej konserwacji; lub redukcja



Data Science zastosowana w produkcji mebli

zużycia energii poprzez algorytmy zarządzania energią, procesy zmiany harmonogramu i optymalizacji.

Poza optymalizacją operacji i projektowania produktów, dane mogą być również wykorzystywane do poprawy rozwoju kadry poprzez **szkolenia oparte na danych**. To podejście stanowi kolejne strategiczne zastosowanie data science w organizacjach. Analizując wskaźniki wydajności pracowników, dane z analizy pracy, ograniczenia finansowe oraz wkład interesariuszy, firmy mogą projektować programy szkoleniowe, które są ukierunkowane, efektywne i zgodne z celami biznesowymi. Szkolenia oparte na danych pozwalają zespołom rozwoju ludzkiego identyfikować luki w umiejętnościach, monitorować postępy w czasie rzeczywistym oraz oceniać skuteczność interwencji szkoleniowych. Nie chodzi tylko o lepszą treść, ale o mądrzejsze, oparte na dowodach decyzje, które bezpośrednio łączą wyniki nauki z wynikami biznesowymi.



Zastosowanie

Jak wspomniano powyżej, istnieje wiele sposobów zastosowania technologii przetwarzania danych w sektorze meblowym. Dostępne źródła danych mogą być łączone i wykorzystywane za pomocą różnych technik, co przynosi firmom ulepszenia w różnych obszarach. Do tych inwestycji należą:

- Aplikacje mające na celu **optymalizację efektywności operacyjnej procesu produkcyjnego** poprzez monitoring oparty na IoT, analizę danych i automatyzację. Technologie te mogą być wykorzystywane do ciągłego i szczegółowego nadzoru procesów produkcyjnych,

wykrywania nieprawidłowych zachowań, poprawy cyberbezpieczeństwa przemysłowego oraz wdrażania strategii predykcyjnej konserwacji w celu minimalizacji przestoju, zwiększenia wydajności i jakości oraz obniżenia kosztów utrzymania i odpadów.

4. Rodzaje konserwacji (Źródło:)

- Zastosowania do optymalizacji **łańcucha dostaw produkcji i dystrybucji**. Prognozowanie sprzedaży jest kluczowe dla przewidywania popytu ze strony klientów końcowych i komercyjnych. Analityka danych może identyfikować najlepiej sprzedające się produkty, trendy rynkowe oraz zachowania klientów, aby przewidzieć przyszły popyt. Informacje pochodzące z systemów ERP i polityk sprzedaży mogą być również analizowane, aby zidentyfikować trendy klientów. Aby te prognozy były precyzyjne, wymagają współpracy między zespołami sprzedaży, marketingu, operacji i logistyki. Po ich uzyskaniu prognozy można zastosować do optymalizacji zapasów – unikając zarówno niedoborów, jak i nadwyżek zapasów – oraz minimalizacji kosztów produkcji. W połączeniu z predykcyjną konserwacją sprzętu i aplikacjami kontroli jakości można zidentyfikować potencjalne problemy, aby **zapobiec opóźnieniom**. Podobnie, w połączeniu z algorytmami optymalizacji tras, mogą pomóc w **optymalizacji logistyki i dostaw**, minimalizując koszty transportu i dystrybucji.

5. Planowanie łańcucha dostaw poprzez analitykę predykcyjną

- Zastosowania związane ze **zrównoważonym rozwojem i redukcją odpadów**, obejmujące przetwarzanie danych w celu automatycznej oceny wpływu na środowisko związanego z różnymi etapami cyklu życia produktu lub śladu węglowego produktów. Mogą także odnosić się do analizy wzorców powstawania odpadów, identyfikując możliwoś-

3



ci redukcji odpadów i zwiększenia recyklingu.

- Zastosowania związane z **kontrolą jakości i inspekcją**, oparte na danych obrazowych i sensorowych, przetwarzane za pomocą uczenia maszynowego (ML). Technologie te pomagają automatycznie wykrywać nieprawidłowości i wady produktów, zapewniając jakość produktu przed jego dystrybucją.
- 6 **Schemat systemu wykrywania defektów**
- Zastosowania związane z **projektowaniem i prototypowaniem produktów**. Algorytmy projektowania generatywnego mogą pomóc projektantom w generowaniu wielu opcji na podstawie instrukcji i reguł ustanowionych przez nich, oferując nowe podejścia modelowania. Technologie pozwalają także generować nowe projekty oparte na wcześniejszych, oparte na naturze, z wykorzystaniem złożonych kształtów lub modelowaniem spersonalizowanych produktów. Mogą one dostarczać szerokiego zakresu wyników, umożliwiając modyfikację parametrów, takich jak materiały, wymiary czy funkcjonalność.
- Zastosowanie w **marketingu i poprawie doświadczenia klienta**. Analityka danych może być stosowana do profili klientów, aby tworzyć spersonalizowane rekomendacje produktów, dostosowywać kampanie marketingowe i ogólnie poprawiać obsługę klienta. Technologie przetwarzania języka naturalnego (NLP) oraz chatbotów umożliwiają całodobowe wsparcie klienta.



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Niski/średni

Biorąc pod uwagę szeroki zakres rozwiązań związanych z przetwarzaniem danych w produkcji, trudno ocenić trudności ich wdrożenia. Ogólnie istnieją stabilne technologie, które oferują dobre rozwiązania do poprawy różnych aspektów procesu przy niskim poziomie trudności. Jeśli rozwiązanie dotyczy algorytmów sztucznej inteligencji, jednym z głównych problemów jest dostarczenie systemowi wystarczającej ilości dokładnych danych do trenowania algorytmów.

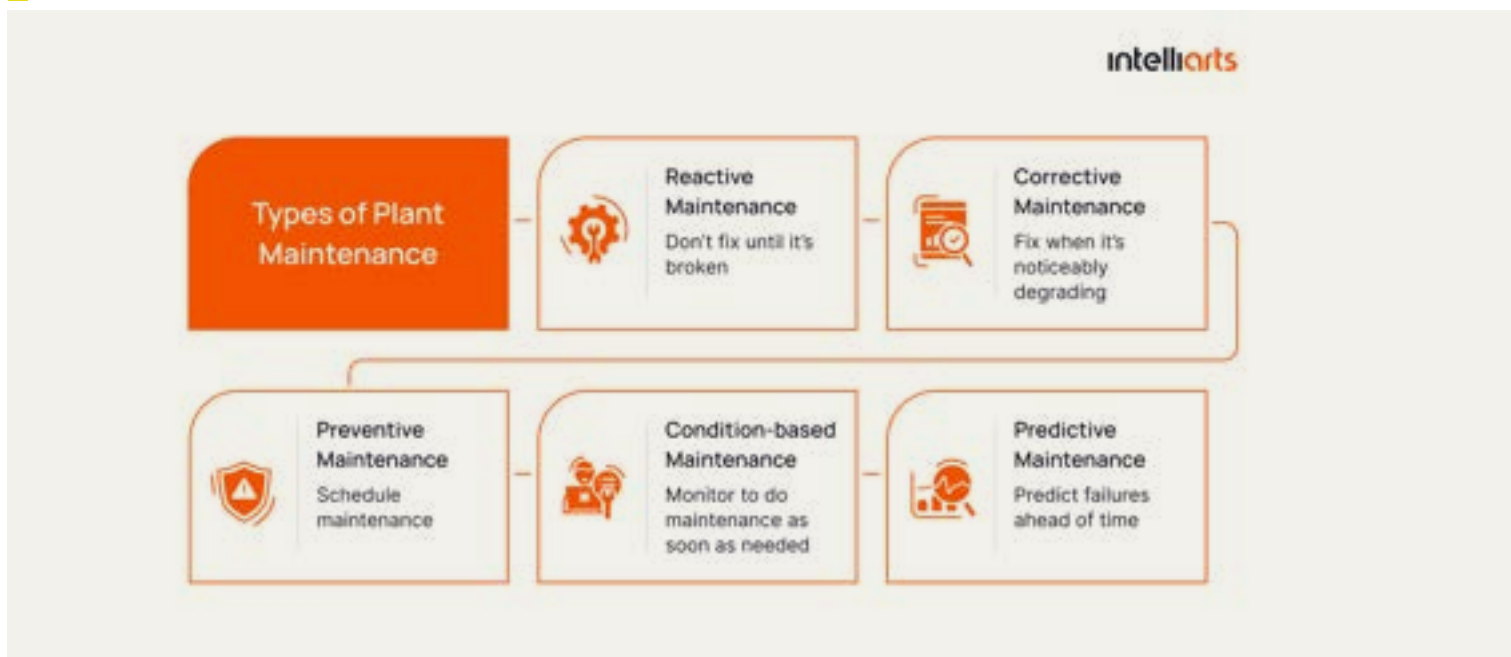
Opłacalność ekonomiczna: Średnio-wysokie

Koszty związane z wdrożeniem rozwiązania będą zależeć od licencji na oprogramowanie, kosztów rozwoju lub personalizacji, a zwłaszcza od różnych potrzeb sprzętowych (od tanich urządzeń IoT, po robotykę czy maszyny zautomatyzowane). W każdym przypadku należy przeprowadzić analizę opłacalności ekonomicznej, aby ocenić korzyści ekonomiczne i osiągnięte redukcje kosztów (poprzez optymalizację utrzymania, minimalizację zapasów itp.) oraz obliczyć zwrot z inwestycji z wdrożenia.

Czynniki ludzkie

Technologie przetwarzania danych mogą budzić pewne obawy wśród pracowników, takie jak obawy o pracę oraz kwestie związane z prywatnością. Pracownicy mogą obawiać się, że nowe technologie, takie jak automatyzacja czy sztuczna inteligencja, zagrożą ich miejsca pracy. Jednak technologie te mogą również tworzyć

4



nowe możliwości pracy, takie jak obsługa i konserwacja nowych maszyn czy zrozumienie i wykorzystanie analityki danych. Aby ułatwić płynne przejście, kluczowe jest proaktywne komunikowanie, że te narzędzia są zaprojektowane tak, by wspierać — a nie zastępować — ludzką wiedzę. Programy szkoleniowe mogą pomóc pracownikom dostosować się do nowych możliwości i ograniczyć utratę miejsc pracy.

Jeśli chodzi o prywatność, korzystanie z analityki danych polega na gromadzeniu i przetwarzaniu dużych ilości danych, które mogą obejmować dane osobowe pracowników. Zapewnienie, że zebrane informacje są traktowane etycznie i zgodnie z przepisami dotyczącymi prywatności, jest kluczowe. Jasne zrozumienie, jakie informacje są zbierane, jak będą wykorzystywane oraz cel takiej analizy również będzie korzystne dla akceptacji tych rozwiązań. Przejrzystość, świadoma zgoda oraz zgodność z RODO to kluczowe filary etycznego zarządzania danymi.

Jednocześnie technologie przetwarzania danych mogą również poprawić warunki pracy, zwiększając bezpieczeństwo poprzez przewidywanie potencjalnych zagrożeń i zapobieganie wypadkom poprzez monitorowanie instalacji. Mogą także poprawić ergonomię i zmniejszyć obciążenie fizyczne poprzez automatyzację lub optymalizację zadań wysokiego ryzyka lub powtarzalności. Podsumowując, skuteczne wdrożenie technologii przetwarzania danych zależy nie tylko od wdrożenia technicznego, ale także od budowania zaufania do cyfrowej wiedzy, ochrony praw pracowników oraz wdrożenia projektowania skoncentrowanego na człowieku w systemach i przepływach pracy.

■ Czynniki środowiskowe

Istnieje kilka czynników środowiskowych wspierających wdrażanie technologii przetwarzania danych w tym sektorze.

Na przykład technologie te mogą poprawić efektywność zużywanych zasobów. Technologie przetwarzania danych mają zdolność optymalizacji wykorzystania materiałów, redukcji odpadów oraz minimalizacji śladu węglowego procesów produkcyjnych. Analiza danych produkcyjnych pozwala zidentyfikować obszary, w których zasoby mogą być wykorzystywane efektywniej. Ponadto monitorowanie maszyn i zakładów produkcyjnych pozwala na lepsze zarządzanie zużyciem energii, zwiększając ich efektywność i ograniczając emisję gazów cieplarnianych.

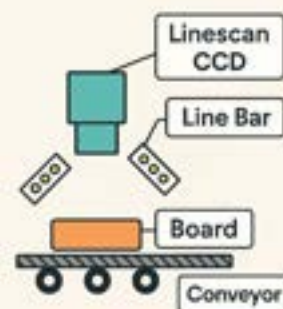
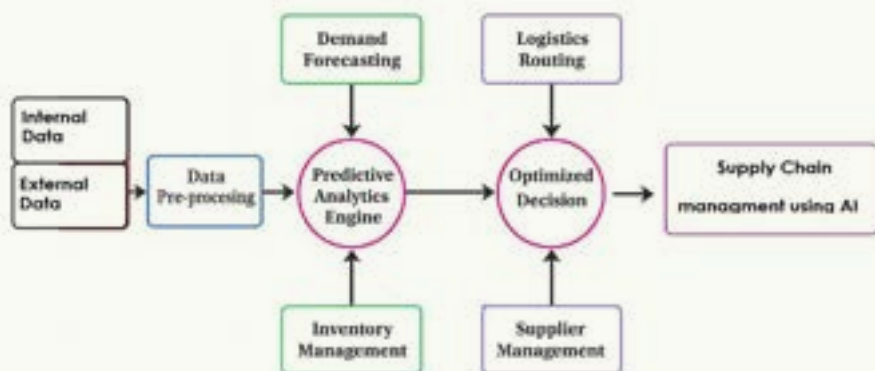
Technologie te wspierają również wdrażanie eko-projektowania, ocenianie wpływu różnych procesów na cały cykl życia produktów i materiałów oraz zasady gospodarki o obiegu zamkniętym, śledzenie ich w całym łańcuchu dostaw oraz ułatwianie ich procesów recyklingu i upcyklingu. Odpady mogą być również zarządzane efektywniej poprzez identyfikację źródeł i rodzajów powstających odpadów, co umożliwia optymalizację działań recyklingu i utylizacji.

Na koniec, technologie przetwarzania danych mogą wspierać producentów w zgodności z przepisami środowiskowymi, upraszczając i automatycznie generując raporty dotyczące różnych wskaźników i wskaźników środowiskowych oraz wspierając procesy certyfikacji środowiskowej i przestrzeganie norm branżowych.

Jednak u podstaw przetwarzania danych leży fizyczna infrastruktura serwerów, urządzeń magazynowych, sprzętu sieciowego i systemów chłodzenia, głównie zlokalizowana w centralnych lub brzegowych centrach danych. Te obiekty wymagają znacznej ilości energii elektrycznej i wody do działania, nie tylko do zasilania zadań obliczeniowych, ale także do utrzymania chłodzenia i zapewnienia redundancji. Faza produkcji sprzętu wiąże się również ze znacznymi kosztami środowiskowymi

5

6








podczas wydobycia i rafinacji używanych materiałów (metali, ziem rzadkich itp.) oraz komponentów (elektronika itp.). Dodatkowo, szybkie cykle starzenia się w sprzęcie IT (często 3–5 lat) nasilają powstawanie elektroodpadów, z których wiele nie jest odpowiednio recyklingowane ze względu na ich złożoność.

Jednym z najbardziej energochłonnych zastosowań przetwarzania danych jest sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe, ale rosnącym obszarem wpływu jest przechowywanie danych i redundancja. Te przechowywane, ale nieużywane informacje przyczyniają się do obciążenia serwera i zużycia energii, nie dodając wartości.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Zgodność z certyfikatami i przepisami

W branży meblarskiej obowiązuje wiele regulacji i certyfikatów, które można powiązać z technologiami przetwarzania danych. Na przykład,

- Mogą pomóc producentom w spełnianiu wymagań dotyczących certyfikatów środowiskowych i regulacji, takich jak rozporządzenie UE o produktach zrównoważonych (ESPR ) oraz generować Cyfrowe Paszporty Produktów (DPP)
- Ogólne rozporządzenie o ochronie danych osobowych (RODO ) należy uwzględnić przy zarządzaniu danymi klientów lub pracowników.
- Standardy cyberbezpieczeństwa pomagają utrzymać integralność danych i zapobiegać naruszeniom bezpieczeństwa. (Seria norm ISA/IEC 62443 - ISA ) (Dyrektywa NIS2: nowe przepisy dotyczące cyberbezpieczeństwa systemów sieciowych i informatycznych | Kształtowanie cyfrowej przyszłości  Europy) (Cyber Resilience Act | Kształtowanie cyfrowej przyszłości  Europy :).



Rozwiązania



Predykcyjne utrzymanie maszyn przemysłowych

DRIBIA

Hiszpania ↔

Wykrywanie anomalii w maszynach oparte na uczeniu maszynowym, z celem zwiększenia wydajności, redukcji odpadów, poprawy jakości produktu oraz skrócenia czasu i kosztów związanych z naprawami, konserwacją, przerwami i wyłączeniami maszyn. System może identyfikować stany nieoptymalne lub prowadzące do wyłączeń maszyn.



System zarządzania magazynem

Oprogramowanie TESI

Włochy ↔

TLog to oprogramowanie WMS, które kontroluje wszystkie podstawowe elementy w środowisku magazynowym. Monitoruje odbiór, załadunek i dostawę produktów, poprawia efektywność zarządzania magazynem dzięki inteligentnemu oznaczaniu produktów i lokalizacji, zarządza priorytetami i przyspiesza procesy oraz maksymalizuje efektywność operatorów poprzez wskazówki podczas odbioru materiałów.



Optymalizacja łańcucha dostaw

CELOWANIA

Holandia ↔

Aplikacja SC Navigator do projektowania sieci dostaw pozwala na wizualizację obecnego łańcucha dostaw, optymalizację przepływów oraz symulację scenariusza z uwzględnieniem zmian popytu, zakłóceń w lokalizacjach i sposobach transportu. Narzędzie ma na celu optymalizację kosztów, poziomu usług oraz śladu węglowego.



Produkcja na żądanie i automatyzacja łańcucha dostaw

Lectra

Francja ↔

Lectra oferuje Furniture On Demand, kompleksowe rozwiązanie do automatyzacji procesów produkcji i łańcucha dostaw w sektorze meblarskim. Łączy komponenty montażowni, automatyzuje przepływy pracy i umożliwia podejmowanie decyzji opartych na danych, co zwiększa efektywność i rozwój. Platforma wspiera personalizację i zrównoważony rozwój poprzez optymalizację zużycia materiałów oraz umożliwienie elastycznej, na żądanie produkcji.



Wstępne przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym i ich wzajemna łączność

Node-RED / Flowfuse

Stany Zjednoczone ↔

Node-RED / Flowfuse odpowiada na kluczowe wyzwania przemysłowe IoT, oferując wizualne, oparte na przepływie środowisko, które upraszcza integrację, zarządzanie i automatyzację urządzeń podłączonych. Umożliwia płynne zbieranie danych z różnorodnych czujników, analitykę czasu rzeczywistego na krawędzi, tłumaczenie protokołów oraz bezpieczną łączność w chmurze — umożliwiając szybki rozwój skalowalnych i możliwych do utrzymania rozwiązań.



Szkolenia oparte na danych dla spersonalizowanego uczenia się

Rapl

Stany Zjednoczone ↔

Rapl to platforma szkoleniowa oparta na danych, zaprojektowana w celu przyspieszenia rozwoju kadry poprzez spersonalizowane, oparte na wynikach uczenie się. Wykorzystując algorytmy i analizy, identyfikuje luki w umiejętnościach i dostarcza ukierunkowane treści dostosowane do indywidualnych potrzeb. Kierownicy L&D uzyskują wgląd w postępy uczniów w czasie rzeczywistym, co umożliwia precyzyjne i skuteczne interwencje. Rapl przekształca szkolenia korporacyjne z pasywnych prezentacji w dynamiczne, mierzalne doświadczenia edukacyjne. Efekt: szybsze zdobywanie umiejętności, poprawa wydajności oraz zespół gotowy na przyszłość.



Przykłady

**SIMON**

Hiszpania



GOIA to narzędzie stworzone na miarę do prognozowania popytu klientów. Łączy przewidywanie z AI, wykorzystując narzędzia "analityka w pętli", które uwzględniają doświadczenie i zdolności oceny operatorów. Poprawia to jakość i pewność co do rezultatów, a także zdolność do adaptacji do nieoczekiwanych wyzwań.

**Blum**

Austria



Blum produkuje systemy zawiasowe, podnośnikowe i biegacze oraz odpowiednie narzędzia montażowe dla przemysłu meblarskiego i meblarskiego. Craftsman opracował infrastrukturę Big Data dla wielu zastosowań w analityce predykcyjnej i zapewnieniu jakości, zapewniając lepszy, oparty na danych proces decyzyjny, planowanie produkcji oraz istotne informacje w łańcuchu dostaw.

**Listwy ABI**

Kanada



Rozwiązanie zarządzania zapasami MRPeasy pomogło firmie ABI Mouldings sprostać około 75% wzrostowi wielkości produkcji w ciągu około dwóch lat. Aplikacja okazała się kluczowym narzędziem zarówno w zarządzaniu łańcuchem dostaw, zamówieniami i zapasami, jak i w planowaniu produkcji z wyprzedzeniem.

**IKEA**

Szwecja



IKEA Kreativ wykorzystuje AI i obliczenia przestrzenne do przekształcania zdjęć użytkownika w edytowalne modele pokoi 3D. Umożliwia spersonalizowaną wizualizację produktu, wspiera projektowanie generatywne do planowania wnętrz oraz poprawia doświadczenie klienta i skuteczność marketingu, ograniczając straty związane z fizycznym prototypowaniem i dostosowując się do trendów cyfrowej personalizacji.

**Unilin (+ Robovision)**

Belgia



Unilin Group wykorzystuje systemy wizualne oparte na sztucznej inteligencji do wykrywania subtelnych wad w płytach laminowanych przy dużych prędkościach (100/min), automatyzując kontrolę jakości, zwiększając wydajność i poprawiając wydajność. Modele głębokiego uczenia są stale ulepszone poprzez naukę na podstawie nowych danych o defektach i wzorcach, są łatwe do ponownego trenowania i wspierają skalowalne wdrażanie w różnych produktach i liniach.

**Amcor**

Szwajcaria



Amcor, światowy lider w opracowywaniu i produkcji odpowiedzialnych opakowań, już wcześniej zbierał wiele danych ze swoich 23 zakładów za pomocą tradycyjnego systemu SCADA. Jednak brak widoczności, standaryzacji i automatyzacji sprawił, że firma nie czerpała wystarczającej wartości z tych danych. Aby poprawić wydajność linii, Amcor zbudował pakiet systemów wykonawczych produkcji na krawędzi, wykorzystujący AVEVA System Platform, umożliwiając zespołom konsekwentne mierzenie i śledzenie danych produkcyjnych. To świetny przykład, jak lepiej wykorzystać zebrane dane, przekształcając je w wartościowe wnioski.



Trudność implementacji: **Niski/średni**Opłacalność ekonomiczna: **Średnio-wysokie**

Interoperacyjność człowiek-maszyna



Opis

Cyfryzacja przemysłu produkcyjnego obejmuje technologie takie jak Internet Rzeczy (IoT), Sztuczna Inteligencja (AI) oraz Big Data. Aby firmy mogły w pełni wykorzystać możliwości płynące z tych technologii, muszą zostać wdrożone zwinne i przyjazne dla użytkownika interfejsy.

1 Ekran dotykowy do produkcji. Twórca:

Leif Juergensen | Źródło: Prawa autorskie Leifa Juergenesena: Leif Juergensen.

Wdrożenie tej cyfryzacji niesie ze sobą kilka wyzwań:

- **Łączność:** środowisko oferuje różnicowane źródła danych, w tym urządzenia, maszyny lub systemy dziedziczone, co skutkuje koniecznością łączenia różnych protokołów i formatów, aby umożliwić interoperacyjność. Aby sprostać temu wyzwaniu, kluczowe znaczenie odgrywają standardy interoperacyjności oraz technologie umożliwiające, takie jak OPC UA (Unified Architecture), MQTT, LwM2M i REST API.
- **Koszty:** transformacja cyfrowa wiąże się z ważnymi początkowymi inwestycjami w technologie, licencje programowe, infrastrukturę, rozwój oraz wyspecjalizowaną siłę roboczą.
- **Skalowalność:** systemy cyfrowe muszą być w stanie sprostać rosnącym wymaganiom – pod względem wymagań, obciążeń danych lub przetwarzania danych.
- **Interakcja z ludźmi:** HMI i technologie wizualizacji są fundamentalne dla cyfrowej transformacji organizacji, stanowiąc punkt łączący użytkowników z technologiami. Niezawodność tych HMI powinna być gwarantowana (poprzez redundancję, mechanizmy awaryjne, zasady projektowania UI/UX) dla spójnych i bezbłędnych interakcji w krytycznych przepływach pracy.
- **Cyberbezpieczeństwo:** w miarę jak systemy stają się coraz bardziej powiązane, stają się one bardziej podatne na naruszenia danych, nieautoryzowane dostęp lub zakłócenia systemu. Standardy cyberbezpieczeństwa (jako ISA/IEC 62443 (seria norm ISA/IEC 62443 - ISA ) , dyrektywa NIS2 (dyrektywa NIS2: nowe zasady cyberbezpieczeństwa systemów sieciowych i informatycznych | Kształtowanie cyfrowej przyszłości ) Europy), lub Cyber Resilience Act (Cyber Resilience Act | Kształtowanie cyfrowej przyszłości ) Europy pozwala na ograniczenie tych ryzyk oraz zabezpieczenie zarówno danych, jak i systemów.

W tym ostatnim aspekcie Przemysł 5.0, oparty na technologiach cyfryzacji, prezentuje bardziej skoncentrowane na człowieku podejście, z trzema podstawowymi filarami:

bezpieczeństwem, niezawodnością oraz projektowaniem skoncentrowanym na człowieku. Celem jest ułatwienie inteligentnej współpracy między ludźmi a maszynami, łącząc ludzką inteligencję i kreatywność z wydajnymi, inteligentnymi i precyzyjnymi maszynami.

2 Filary Przemysłu 5.0

Według Unii Europejskiej, Industry 5.0 "przedstawia wizję przemysłu, która wykracza poza efektywność i produktywność jako jedyne cele oraz wzmocnia rolę i wkład pracownika w społeczeństwo". Stawia także "dobrostan pracownika w centrum procesu produkcji i wykorzystuje nowe technologie, by zapewnić dobrobyt wykraczający poza miejsca pracy i wzrost, jednocześnie szanując ograniczenia zasobów planety."

W odniesieniu do HMI oraz interoperacyjności między ludźmi a technologiami, interfejsy muszą być zaprojektowane tak, aby były intuicyjne i przyjazne dla użytkownika. Operatorzy muszą umieć płynnie współpracować z coraz bardziej złożonymi systemami. Doświadczenie użytkownika (UX) oraz projekty skoncentrowane na użytkowniku (UCD) stawiają użytkowników w centrum projektowania interfejsu. Na przykład elastyczne frameworki UX umożliwiają szybkie dostosowania projektu na podstawie opinii użytkowników, umożliwiając operatorom udział w fazie projektowania HMI. Te projekty skoncentrowane na operatorze minimalizują krzywą uczenia się, skracają czas szkolenia i zwiększają produktywność pracowników.

W przypadku monitorowania i kontroli procesów produkcyjnych, HMI dostarczają operatorom informacji w czasie rzeczywistym o operacjach maszyn, linii produkcyjnych lub systemu. Oprogramowanie do wizualizacji zapewnia, że wszystkie zbierane dane są prezentowane w zrozumiałym, kompleksowym i możliwym do zastosowania formacie. Te wizualne interfejsy mogą wykorzystywać algorytmy AI, które wspierają operatorów w procesie podejmowania decyzji, analizując ogromne ilości danych i dostarczając wglądów, które w połączeniu z ich wiedzą mogą być wykorzystywane przez operatorów do podejmowania ostatecznych decyzji.

3 Interakcja człowiek-maszyna:

programowanie zachowań robotów

Wreszcie, jeśli chodzi o ergonomiczną konstrukcję interfejsów zapewniających komfort i bezpieczeństwo pracowników, istnieje szeroki zakres fizycznych interfejsów, które można zastosować, aby zmniejszyć obciążenie fizyczne, takie jak ekrany dotykowe, komendy głosowe czy gesty. Technologie te promują również dostępność i inkluzywność na rynku pracy, umożliwiając użytkownikom z zaburzeniami wzroku, ruchowymi lub słuchowymi, zapewniając równy dostęp do systemów cyfrowych.



Zastosowanie

Stosowanie odpowiednich platform wizualizacyjnych i HMI może poprawić efektywność, bezpieczeństwo i produktywność procesu produkcyjnego.

Projektowanie zespołowe

W kontekście Przemysłu 5.0 i interakcji człowiek-maszyna, projektowanie zespołowe odgrywa kluczową rolę w rozwijaniu intuicyjnych i wydajnych systemów HMI. Takie podejście polega na współpracy wielu agentów w czasie rzeczywistym, aby współtworzyć interfejsy funkcjonalne, ergonomiczne i dostosowane do potrzeb użytkowników. Dzielenie się wiedzą i opiniami przez cały proces projektowania, zespoły mogą zapewnić, że powstałe systemy wspierają produktywność, bezpieczeństwo i satysfakcję użytkowników.

4 HMI do projektowania ↔ zespołowego Źródło, twórca i źródło: rawpixel ↔ Szczegóły ↗ Licencji

Monitorowanie w czasie rzeczywistym i historyczne

W trakcie procesu produkcji HMI mogą minimalizować przestoje i optymalizować efektywność produkcji. W sytuacjach, gdy minimalizacja opóźnień jest kluczowa, integracja technologii Edge Computing umożliwia szybsze podejmowanie decyzji. Umożliwiają wizualizację danych w czasie rzeczywistym – monitorowanie wydajności maszyn lub śledzenie metryk produkcji – oraz kontrolę maszyn – dostosowywanie ustawień w razie potrzeby. Wizualizacja istotnych danych – zbieranych przez systemy monitoringu i przetwarzanych przez algorytmy analityki danych – prezentowanych operatorom w przyjaznym dla użytkownika i kompleksowym formacie pozwala im prawidłowo śledzić proces produkcji, działać na podstawie przedstawionych informacji i podejmować świadome decyzje. Informacje te można zastosować do:

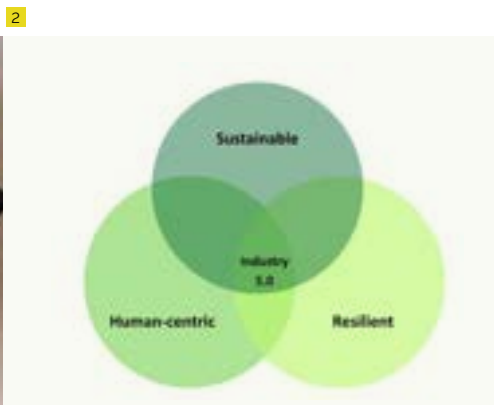
- Poprawa efektywności procesu produkcyjnego.
- Zmniejszenie ilości odpadów powstających podczas procesu produkcyjnego.
- Wykonywanie operacji kontroli jakości i wykry-

wanie wad na wczesnym etapie procesu.



- Identyfikacja wąskich gardeł i optymalizacja przepływów produkcyjnych, co zwiększyło efektywność operacji i skróciło przestoje.
- Monitorowanie i zarządzanie zużyciem energii, przyczynianie się do bardziej zrównoważonych praktyk produkcyjnych oraz zmniejszanie śladu węglowego operacji.
- Wykonywanie zdalnych operacji konserwacyjnych opartych na alarmach i zgłoszeniach problemów oraz integracja narzędzi czatu i funkcji udostępniania ekranu, co umożliwia współpracę między operatorami na miejscu a technikami zdalnymi w celu szybkiego rozwiązywania problemów.

Współpraca człowieka z robotem

HMI ułatwiają współpracę między ludźmi a robotami (współpraca człowiek-robot, HRC), oferując interfejsy umożliwiające operatorom łatwe programowanie i sterowanie systemami robotycznymi. Celem nie jest zastąpienie pracowników, lecz podkreślenie znaczenia współpracy i komplementarności poprzez wykorzystanie ich własnych mocnych stron. Z jednej strony ludzie potrafią stosować rozumowanie oparte na doświadczeniu, reagować na nieoczekiwane problemy i wydawać wnioski na podstawie niepełnych lub niejednoznacznych informacji. Fizycznie ludzie potrafią wykonywać złożone i precyzyjne zadania manualne, a także te wymagające kunsztu. Z kolei roboty i maszyny mogą wykonywać ciężkie zadania, działać nieprzerwanie i wykonywać powtarzalne zadania z stałą jakością. Ponadto mogą pracować w niebezpiecznych środowiskach, takich jak toksyczne środowiska lub ekstremalne temperatury. Niemniej jednak HRC wiąże się z wieloma wyzwaniami, w tym ryzykiem bezpieczeństwa i ergonomią. Bezpieczna interakcja musi być zapewniona, gdy roboty i ludzie dzielą tę samą przestrzeń, poprzez monitorowanie pozycji, unikanie kolizji, zatrzymania awaryjne oraz środki ochronne. Należy również zaprojektować intuicyjne i ergonomiczne interfejsy, aby zminimalizować zmęczenie, zmniejszyć ryzyko i zwiększyć komfort użytkownika.



5. Zależności we współpracy człowieka z robotem.

Szczegóły  licencji. Twórca: Jeshwitha Jesus Raja, Meenakshi Manjunath, Philipp Kranz, Fabian Schirmer, Marian Daun. Prawa autorskie: © 2023
Prawa autorskie do tego artykułu od jego autorów.
Dozwolone użycie na podstawie licencji Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) 

Szkolenie i rozwój umiejętności

Intuicyjne systemy HMI minimalizują krzywą uczenia się i ułatwiają nowym operatorom korzystanie z złożonych maszyn dzięki interaktywnym ekranom dotykowym, pomocy wizualnym oraz instrukcjom krok po kroku. Mogą także włączyć interaktywne tutoriale i symulacje, które zapewniają praktyczne doświadczenie szkoleniowe. Wirtualne środowiska mogą być przygotowane do ćwiczeń, zanim operatorzy zajmą się rzeczywistym sprzętem, co zwiększa ich pewność siebie. HMI mogą również śledzić wydajność operatorów podczas szkolenia, identyfikując obszary wymagające dalszego rozwoju.

6. Symulacja rzeczywistości wirtualnej**Aspekty wdrożenia****Trudność implementacji: Niski/średni**

Trudność wdrożenia HMI dla branży meblarskiej jest niewielka, jeśli uwzględnimy rozwiązania już dostępne na rynku, takie jak projektowanie przyjaznych interfejsów operatorów do sterowania złożonymi maszynami. W przypadku aplikacji bliższych Industry 5.0 jednak wciąż stoi przed kilkoma wyzwaniami: dojrzałością rozwoju i kosztami wdrożenia technologii, projektowaniem produktów i procesów skoncentrowanym na człowieku, obecnym poziomem umiejętności pracowników lub kwestiami bezpieczeństwa wynikającymi z personalizacji analizy HMI oraz zwiększonego zbierania danych.

Optimalność ekonomiczna: Średnio-wysokie

Optimalność ekonomiczna rozwoju HMI dla branży meblarskiej zależy od rodzaju rozwiązania i związanych z nim kosztów inwestycyjnych, które mogą się znacznie różnić – zwłaszcza przy zakupie nowych komponentów sprzętowych. Niemniej jednak nowe rozwiązania HMI mogą zwiększyć wydajność i efektywność procesu produkcyjnego, pomagając pokonać te początkowe koszty. Z tego powodu proces podejmowania decyzji wymaga starannego planowania finansowego oraz analizy zwrotu z inwestycji.

Czynniki ludzkie

Kluczowym założeniem Przemysłu 5.0 jest umieszczenie ludzi w centrum postępu technologicznego poprzez intuicyjne interfejsy, wspomagany monitoring oraz poprawę ergonomii, komfortu i bezpieczeństwa. Interfejsy człowiek-maszyna (HMI) oferują wiele korzyści, tworząc bardziej dostępne i mniej wymagające środowiska pracy. Ułatwiają wdrożenie, skracają krzywe uczenia się i wspierają rekrutację cyfrowo kompetentnych talentów. Obecni pracownicy mogą doskonalić swoje umiejętności poprzez szkolenia z zakresu interfejsów cyfrowych, interpretacji danych oraz współpracy z systemami zautomatyzowanymi.

Chociaż mogą pojawić się obawy, że robotyka i nowe maszyny mogą zmniejszyć liczbę pracowników, celem Przemysłu 5.0 nie jest zastąpienie, lecz znacząca współpraca między ludzkimi zdolnościami a precyzją maszyn. Ta synergia pozwala organizacjom łączyć kreatywność i rozsądek z konsekwencją i szybkością automatyzacji, optymalizując operacje i przyczyniając się do zrównoważonych, skoncentrowanych na człowieku środowisk produkcyjnych.

Czynniki środowiskowe

W produkcji mebli HMI przynoszą korzyści środowiskowe. Optymalizują maszyny, zmniejszając zużycie energii i ślad węglowy, jednocześnie zwiększając precyzję, kontrolę i efektywność utrzymania, co zmniejsza ilość odpadów. Ulepszone zbieranie i analiza danych poma-

4



6



gają również monitorować wpływ i zapewniać zgodność z przepisami. Razem te praktyki wspierają zrównoważoną, odpowiedzialną produkcję.

Wyzwania pozostają. Sprzęt HMI obejmuje wyświetlacze, czujniki, procesory, kamery, a czasem urządzenia biometryczne lub neuronowe. Opierają się one na metalach rzadkich, metalach szlachetnych i tworzywach sztucznych inżynierskich, których wydobycie zużywa dużo energii, emituje zanieczyszczenia i jest trudne do recyklingu. Produkcja często obejmuje pomieszczenia czyste, precyzyjną produkcję oraz układy wielowarstwowe, co wszystko jest wymagające dużych zasobów. Wraz ze wzrostem zaawansowanej technologii HMI, naprawa, ponowne wykorzystanie i recykling stają się trudniejsze.





Operacyjnie HMI zużywają umiarkowanie energii w porównaniu z centrami danych czy robotyką, ale integracja z systemami zawsze włączonymi zapewnia ciągłe korzystanie w trybie czuwania. HMI oparte na głosie i wizji często opierają się na przetwarzaniu w czasie rzeczywistym oraz AI opartej na chmurze, łącząc swój zasięg z zewnętrzną infrastrukturą, taką jak centra danych.

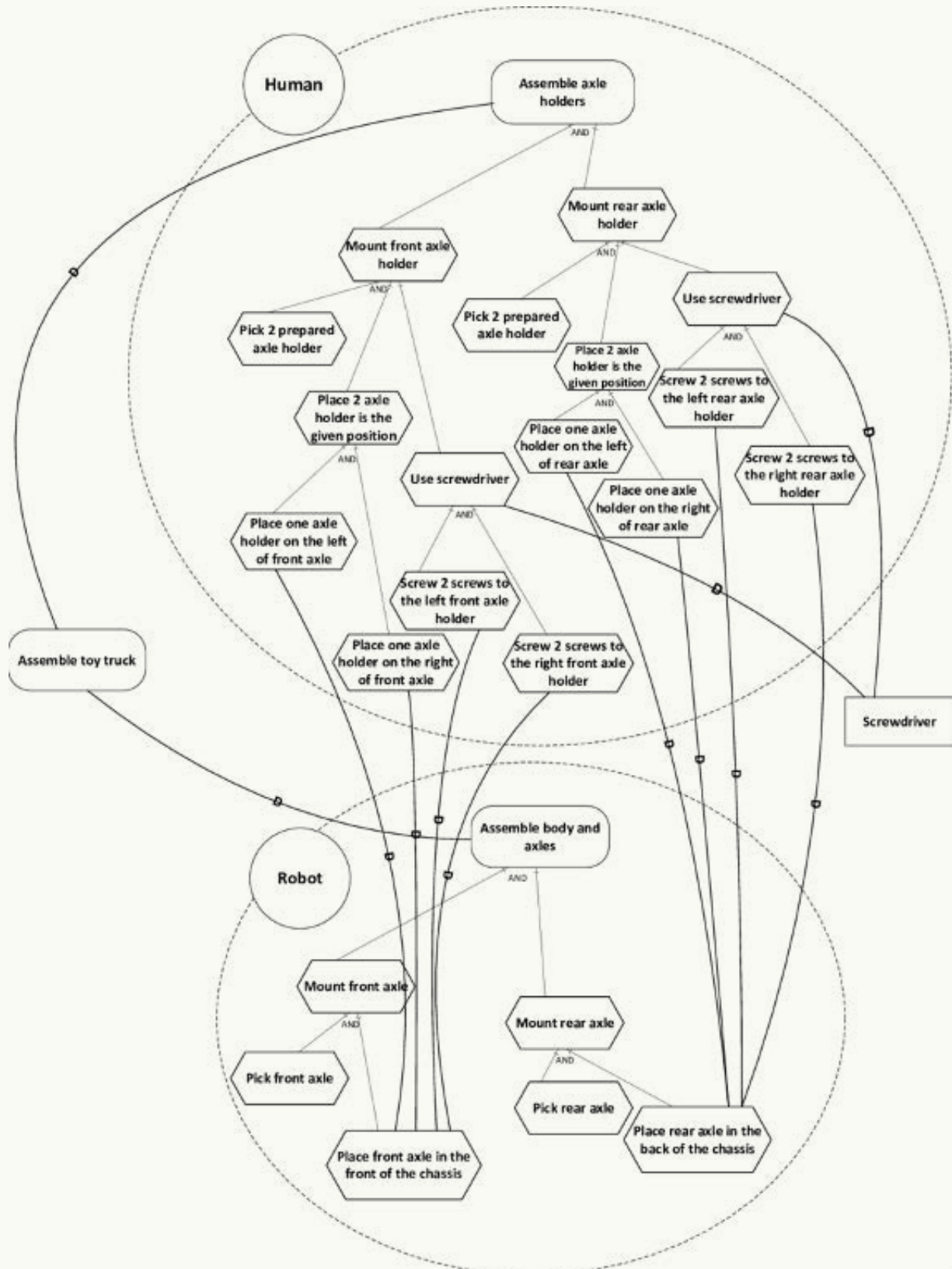
Kolejnym problemem jest krótka żywotność i wysokie wskaźniki wymiany, zwłaszcza w urządzeniach elektronicznych takich jak smartfony, tablety i urządzenia noszone, często wymieniane co 2–3 lata. Projekty niemodułowe utrudniają demontaż i odzysk cennych materiałów, przyczyniając się do powstawania e-odpadów.

Równoważenie korzyści dla ludzi i środowiska płynących z HMI z ich kosztami materiałowymi i energetycznymi jest niezbędne. Zrównoważone projektowanie, dłuższe cykle życia i praktyki obiegu mogą maksymalizować rolę HMI w rozwoju Przemysłu 5.0, jednocześnie promując odpowiedzialność środowiskową.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Istnieje kilka regulacji i certyfikatów stosowanych do HMI wdrażanych w procesie produkcji mebli, na przykład:

- Przechowywanie i traktowanie danych osobowych przez HMI musi być zgodne z Ogólnym Rozporządzeniem o Ochronie Danych (RODO )
- HMI muszą również spełniać standardy i przepisy dotyczące cyberbezpieczeństwa, aby zapewnić ochronę danych i zapobiegać naruszeniom bezpieczeństwa (np. ISA/IEC 62443 (ISA/IEC 62443 Series of Standards - ISA ) , w celu zabezpieczenia przemysłowych systemów sterowania; Dyrektywa NIS2 (Dyrektywa NIS2: nowe przepisy dotyczące cyberbezpieczeństwa systemów sieciowych i informacyjnych | Kształtowanie cyfrowej przyszłości ) Europy), unijne regulacje dotyczące infrastruktury krytycznej; lub Cyber Resilience Act (Cyber Resilience Act | Kształtowanie cyfrowej przyszłości ) Europy), standardy cyberbezpieczeństwa dla produktów cyfrowych sprzedawanych w Europie).





Rozwiązania



Interfejsy człowiek-maszyna

Schneider Electric

Schneider Electric

Francja ↔

Łatwe w instalacji, konfiguracji i obsłudze Schneider Electric HMI zapewniają prosty i efektywny sposób łączenia systemów, zbierania danych oraz przedstawiania informacji w zrozumiały sposób. Odpowiednie dla branż takich jak produkcja mebli, oferują szeroki zakres rozwiązań, od najmniejszych terminali graficznych po komputery przemysłowe.



HMI/Scada System

Beijer Electronics

Szwecja ↔

Zaawansowane rozwiązania HMI dla lepszego doświadczenia użytkownika, skalowalne systemy automatyzacji dla efektywności i redukcji kosztów oraz solidne narzędzia cyfryzacji, zapewniające długoterminową wartość i elastyczność w różnych branżach. Oferują konfigurowalne rozwiązania oparte na iX dla zastosowań przemysłowych oraz rozwiązania HMI oparte na sieci internetowe z intuicyjnymi widżetami do projektowania interfejsu, płynną integracją oraz rozwiązaniami przyjaznymi dla urządzeń mobilnych.



Platforma HMI A-Sphere

Alphagate

Niemcy ↔

Platforma A-Sphere HMI (od 2025 roku znana jako RANA) oferuje konfigurowalne rozwiązanie dla branży maszynowej. A-Sphere oferuje łatwe tworzenie interfejsu człowiek-maszyna bez umiejętności programistycznych. Jest niezależny od PLC i bezproblemowo integruje różne systemy. Kompatybilność z AI i rozszerzoną rzeczywistością (AR) pozwala firmom łatwo integrować innowacje, takie jak konserwacja oparta na AI czy szkolenia wspierane przez AR.



AVEVA InTouch HMI

Aveva

Wielka Brytania ↔

AVEVA InTouch HMI to zaawansowane oprogramowanie wizualizacyjne, które pomaga operatorom optymalizować interakcje z systemami automatyzacji przemysłowej. Edycja Unlimited oferuje nieograniczone licencjonowanie, zgodność z przepisami, raportowanie zmian oraz zaawansowaną analizę procesów z dokładnym historykiem, poprawiając wydajność w procesach przemysłowych i produkcyjnych.



Infiltracja

Mirmit

Hiszpania ↔

Infont to oprogramowanie do zarządzania przemysłem dla sektora meblowego. Umożliwia monitorowanie produktywności w czasie rzeczywistym na wszystkich typach stanowisk roboczych — zarówno manualnych, jak i zautomatyzowanych — obejmując procesy od transformacji po manipulację. Nadzoruje produktywność w czasie rzeczywistym, identyfikuje wąskie gardła, optymalizuje przepływy pracy i zwiększa efektywność. Oferuje pełną możliwość śledzenia zamówień, działań operatora oraz ruchów zapasów, z elastyczną personalizacją i łatwą integracją za pomocą API.



System naprowadzania maszyny do cięcia paneli dla operatora

Homag Group AG

Niemcy ↔

IntelliGuide to modułowy system wspomagający operatora dla pił dzielących panele, wyposażony w interaktywne oprogramowanie, sygnały LED, kamery i projekcje laserowe, które krok po kroku prowadzą operatorów, zapobiegają błędom i optymalizują przepływ pracy. Poprawia ergonomię, bezpieczeństwo i efektywność, inteligentnie dostosowując się do działań operatora i wspierając intuicyjną interakcję człowiek-maszyna.



Przykłady

**Bona**

Szwecja



Bona AB dostarcza produkty do montażu, konserwacji i renowacji drewnianych podłóg. Bona zdecydowała się na rozwiązanie automatyzacji Beijer Electronics z panelami operatorowymi HMI do sterowania maszynami wykorzystywanymi w procesie produkcyjnym. System zdalnie sterowany został wybrany ze względu na szybkość, zalety prostej konfiguracji oraz niezawodność wynikającą z potężnych funkcji diagnostycznych.

**Glaston**

Finlandia



Glaston jest wiodącym dostawcą technologii i usług obróbki szkła dla różnych branż, takich jak meble. Opracowano rozwiązanie HMI zorientowane na użytkownika, z płynną integracją maszyn dla wyższej efektywności, przyjaznym dla użytkownika projektowaniem UX/UI dla łatwej obsługi oraz szybkim wdrażaniem i tworzeniem aplikacji z funkcjami takimi jak analiza procesów i wsparcie konserwacyjne ułatwiające operacje.

**Fecken-Kirfel**

Niemcy



Opracowanie trendowego, graficznie wysokiej jakości webowego HMI. Rozwój HMI musiał pozostać w firmie. WebIQ Designer Smart-HMI pozwala tworzyć w 100% webowe, dynamiczne interfejsy użytkownika low-code, po prostu za pomocą przeciągania i upuść. Narzędzie to było wykorzystywane do rozwoju wewnętrznego, podczas gdy Smart HMI zapewniało jedynie selektywne wsparcie.

**Nowy Styl**

Polska



Fabryka Nowy Styl produkuje tysiące unikalnych komponentów meblowych na zmianę, wymagając zaawansowanych rozwiązań HMI, takich jak PowerTouch firmy Homag oraz solidny system MES, taki jak Wood Factory firmy Homag. Operatorzy korzystają z HMI do monitorowania produkcji, zarządzania danymi częściowymi, nadzorowania automatyzacji i szybkiego dostosowywania się do zmian, zapewniając efektywną, dostosowaną produkcję.

**Cadarin**

Włochy



Cadarin wdrożył linię obróbki SCM "celaschi tmc", w pełni zgodną ze standardami Industry 4.0. Rozwiązanie to zawiera system HMI, który upraszcza interakcję z operatorem i zapewnia kontrolę danych produkcyjnych w czasie rzeczywistym. Umożliwia to bardzo elastyczne przetwarzanie, dostosowane do rzemieślniczych, a jednocześnie zaawansowanych potrzeb produkcyjnych Cadarin. Integracja zwiększa śledzenie, efektywność i precyzję. Ta współpraca odzwierciedla wspólne zaangażowanie w zrównoważone i wysokiej jakości rzemiosło.

**Ardis Perform + Silva**

Belgia



Wpis na blogu ARDIS o Silvie podkreśla, jak wdrożenie PERFORM zmieniło zarządzanie produkcją. Każda stacja pracuje teraz posiada interaktywny ekran z aktualnymi, aktualnymi listami zadań, zapewniając jasną komunikację — nawet dla osób niebędących native speakerami. Interfejs ludzki pozwala menedżerom na przydzielanie, interaktywne drukowanie na żądanie oraz zdalne zmienianie priorytetów zadań, co zmniejsza chaos i poprawia koordynację na całej hali produkcyjnej.

10

1



Trudność implementacji: **Srednie**
 Optymalność ekonomiczna: **Srednie**

AIoT dla inteligentnej produkcji



Opis

AIoT, czyli sztuczna inteligencja rzeczy, to integracja technologii sztucznej inteligencji (AI) z infrastrukturą Internetu Rzeczy (IoT). To połączenie zwiększa możliwości urządzeń IoT, umożliwiając im analizę danych na Edge, podejmowanie decyzji i uczenie się na podstawie doświadczenia bez udziału człowieka. Edge computing to rozproszony paradygmat obliczeniowy, który przybliża możliwości obliczeniowe do źródła danych, takich jak urządzenia IoT czy użytkownicy, aby zmniejszyć opóźnienia i poprawić wydajność. AIoT wraz z Edge Computing mają na celu tworzenie bardziej efektywnych operacji IoT, poprawę interakcji człowiek-maszyna oraz usprawnienie zarządzania danymi i analityki.

1 Wykres wartości biznesowej opartych na danych opartych na IoT i AI

Kluczowe elementy AIoT to:

- **Urządzenia IoT:** Czujniki, siłowniki i inne urządzenia zbierają, przetwarzają i przesyłają dane.
- **Łączność:** Obejmuje to sieci i protokoły, które umożliwiają urządzeniom IoT komunikację między sobą i systemami centralnymi.
- **Przetwarzanie danych:** Algorytmy AI przetwarzają dane zbierane przez urządzenia IoT, aby wydobyć istotne wnioski.
- **Chmura obliczeniowa:** Zapewnia niezbędną infrastrukturę do przechowywania i

przetwarzania dużych ilości danych.

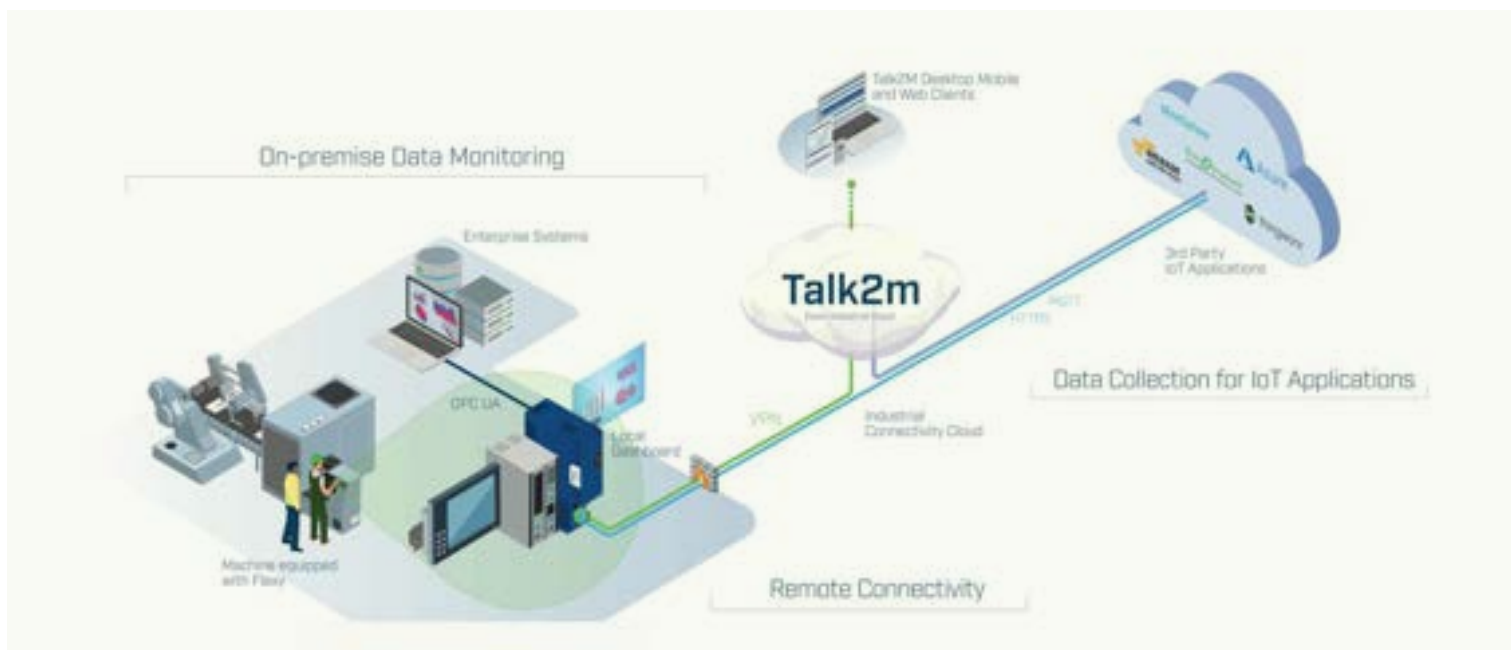
- **Edge Computing:** Ułatwia przetwarzanie danych w pobliżu źródła generowania danych, zmniejszając tym samym opóźnienia i wykorzystanie przepustowości.

2 Przykład sieci IoT (Źródło: HMS Networks)

AIoT już dało początek licznym zastosowaniom przemysłowym. Przykładem jest autonomiczna kontrola zakładów produkcyjnych. Inne obszary to optymalizacja logistyczna lub predykcyjne zarządzanie konserwacją. Pomimo obiecującego potencjału, jednym z głównych wyzwań jest interoperacyjność. Wiele firm korzysta z urządzeń i platform IIoT (Przemysłowy Internet Rzeczy) od różnych producentów, które nie zawsze są bezproblemowo kompatybilne. To komplikuje wdrażanie zintegrowanych rozwiązań AIoT i wymaga ustandaryzowanych interfejsów oraz protokołów. Dobrze dobrana platforma AIoT ułatwia integrację nowych urządzeń, umożliwia łatwe skalowanie i wspiera elastyczne dostosowanie strategii IIoT. Umożliwia również integrację z innymi systemami i technologiami, takimi jak systemy ERP czy CRM, co pozwala na integrację technologii IIoT w istniejących procesach biznesowych.

Kolejnym kluczowym aspektem jest przygotowanie danych. W środowiskach IoT jakość danych jest często gorsza, niż firmy zakładają. Stosowanie AI do niedostatecznie przygotowanych danych prowadzi do przeciętnych modeli, które nie dostarczają oczekiwanych rezultatów. Dlatego kluczowe jest odpowiednie przygo-

2



towanie i wzbogacenie danych do analizy przy użyciu niezawodnej platformy IoT.

Jednocześnie pojawiają się ekscytujące trendy, które ukształtują ekosystem AIoT w nadchodzących latach. Jednym z takich trendów jest wykorzystanie generatywnej AI, która nie tylko analizuje dane, ale także generuje nowe projekty lub propozycje optymalizacji. Kolejnym trendem jest integracja technologii 5G, które umożliwiają ultraszybką i niezawodną łączność. Jest to szczególnie ważne w zastosowaniach wymagających dużej przepustowości lub niskiego opóźnienia, takich jak pojazdy autonomiczne czy sterowanie w czasie rzeczywistym.

Pomimo potencjału, integracja AI z produkcją stawia wyzwania, w tym znaczne inwestycje początkowe, potrzebę wykwalifikowanych pracowników do tworzenia i utrzymania systemów AI oraz obawy dotyczące prywatności i bezpieczeństwa danych. Dodatkowo pojawia się wyzwanie integracji technologii AI z istniejącą infrastrukturą technologii informacyjnych (IT) i operacyjnych (OT). IT odnosi się do wykorzystania systemów komputerowych do przetwarzania, przechowywania i wymiany informacji, natomiast OT obejmuje systemy monitorujące i kontrolujące fizyczne urządzenia, procesy oraz infrastrukturę w środowiskach przemysłowych.

W miarę jak technologia AIoT nadal się rozwija, jej zastosowania w przemyśle będą się jeszcze bardziej rozszerzać, co może prowadzić do w pełni autonomicznych fabryk i wysoce spersonalizowanej produkcji na dużą skalę. Dalszy rozwój AIoT prawdopodobnie będzie również oznaczał większy nacisk na współpracę między ludźmi a maszynami, wykorzystując mocne strony obu tych dziedzin do osiągnięcia optymalnych rezultatów.

3 Mini komputery przemysłowe (Źródło: Beckhoff)



Zastosowanie

AIoT (Sztuczna Inteligencja Rzeczy) w produkcji umożliwia zaawansowane możliwości akwizycji danych i inteligentnego przetwarzania. Łącząc łączność IoT z analityką opartą na AI, umożliwia podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym, oparte na wiedzy o d-ta, które przekształcają operacje przemysłowe.

4 Znaczenie AI w produkcji (Źródło: Pomarańczowa mantra)

Predykcyjne utrzymanie: AIoT może przewidywać awarie urządzeń zanim do nich dojdą, analizując dane z czujników wbudowanych w maszyny. Takie podejście oferuje korzyści w postaci zmniejszenia przestoju i kosztów konserwacji oraz wydłużenia żywotności sprzętu.

5 Monitorowanie danych w celu predykcyjnego utrzymania (Źródło: Adobe Stock)

Optymalizacja łańcucha dostaw: AIoT może śledzić towary w czasie rzeczywistym, przewidywać popyt i optymalizować poziom zapasów. Dzięki tym możliwościom poprawia widoczność łańcucha dostaw, redukuje koszty i skraca czas dostaw.

Zarządzanie energią: AI pomaga optymalizować zużycie energii w zakładach produkcyjnych poprzez analizę danych z różnych źródeł, aby identyfikować nieefektywności i sugerować ulepszenia. Na przykład AI może optymalizować działanie systemów HVAC w oparciu o liczbę osób w budynku, warunki pogodowe oraz specyficzne potrzeby procesu produkcyjnego, znacząco obniżając koszty energii. Systemy AIoT mogą monitorować i kontrolować zużycie energii w zakładach przemysłowych, aby zmniejszyć zużycie energii, obniżyć koszty i wspierać inicjatywy zrównoważonego rozwoju.

6 Dashboard oprogramowania do zarządzania energią (Źródło: Etaletyka)



Kontrola jakości: AloT może zautomatyzować inspekcję produktów za pomocą algorytmów widzenia komputerowego i uczenia maszynowego. Ta automatyzacja poprawia jakość produktu i zmniejsza potrzebę ręcznej pracy kontrolnej.

Bezpieczeństwo i ochrona: AloT może zwiększyć bezpieczeństwo w miejscu pracy poprzez monitorowanie warunków środowiskowych i wykrywanie niebezpiecznych sytuacji. Wdrożenie to zmniejsza ryzyko wypadków i zapewnia zgodność z przepisami bezpieczeństwa.

Inteligentne projektowanie i produkcja: AI ułatwia proces projektowania poprzez oprogramowanie generatywne, które może generować szeroki zakres alternatyw projektowych opartych na określonych kryteriach, takich jak materiały, metody produkcji i wymagania dotyczące wydajności. To nie tylko przyspiesza proces projektowania, ale także umożliwia większą personalizację, pozwalając producentom łatwiej spełniać konkretne wymagania klienta. Ponadto AloT umożliwia monitorowanie i optymalizację procesów produkcyjnych w czasie rzeczywistym. To wdrożenie zwiększa efektywność, zmniejsza ilość odpadów i poprawia jakość produktu.



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Zapewnienie dokładności, bezpieczeństwa i prywatności danych jest kluczowe dla sukcesu inicjatyw AloT. Jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed adwokacją AI jest zapewnienie prywatności i bezpieczeństwa danych. Ogromne ilości danych generowanych przez urządzenia IoT obejmują wrażliwe informacje, takie jak transakcje finansowe oraz dane operacyjne z infrastruktury krytycznej. Co więcej, pełne wykorzystanie potencjału AloT wymaga zmiany kultury organizacyjnej. Decydenci muszą wdrażać strategię oparte na danych i kształtować środowisko innowacji oraz ciągłego doskonalenia. Ważne jest również inwestowanie w szkolenia i podnoszenie kwalifikacji pracowników, aby mogli skutecznie wykorzystywać technologie AloT do skutecznej implementacji.

Aby wdrożenie AI było płynniejsze i mniej przytłaczające, praktycznym podejściem jest zacząć od małych kroków i stopniowo się rozwijać. Symulacja zapewnia niskoryzykowne, łatwe do zarządzania wejście do rozwiązania, które może ostatecznie doprowadzić do płynnej integracji cyfrowych bliźniaków z operacjami produkcyjnymi.

Opłacalność ekonomiczna: Średnie

Wdrożenie technologii AloT na dużą skalę często wymaga znacznych inwestycji w czujniki, urządzenia IoT, oprogramowanie, infrastrukturę oraz wykwalifikowany personel. Jednak niektóre z opisanych rozwiązań technologicznych stanowią bardzo niski koszt wdrożenia dla MŚP.

5



6



■ Czynniki ludzkie

Wdrożenie technologii AloT często wymaga znaczących zmian organizacyjnych oraz przejścia do kultury pracy opartej na danych i innowacji. Opór wobec zmian, brak świadomości lub wahanie przed wdrażaniem nowych technologii mogą utrudniać ich adopcję. Jednak jasne jest, że pracownicy muszą zniwelować lukę w umiejętnościach cyfrowych, dostrzec praktyczne korzyści płynące z AloT w swoich rolach oraz rozwijać kwalifikacje bez zakłócania ciągłości pracy czy dobrostanu pracowników.

AloT może poprawić efektywność, podejmowanie decyzji, doświadczenie klienta oraz zmienić sposób, w jaki ludzie wchodzą w interakcje ze swoim otoczeniem. Na przykład AloT może zautomatyzować powtarzalne zadania, takie jak wprowadzanie danych i planowanie terminów, co pozwala pracownikom skupić się na bardziej strategicznej pracy. Może także analizować duże ilości danych, pomagając firmom podejmować świadome decyzje, wykrywać wzorce i dostarczać dokładne prognozy.

Producenci mogą wzmacniać wartość AI dla interesariuszy, podkreślając korzyści takie jak poprawa jakości produktu, niższe koszty energii, zwiększona efektywność operacyjna oraz bezpieczniejsze warunki pracy. Kluczowe czynniki skutecznego wdrożenia AI to silne wsparcie kadry zarządzającej, inwestycje w zarządzanie zmianą i infrastrukturę cyfrową oraz elastyczność siły roboczej. Przejrzysta komunikacja i procesy projektowania partycypacyjnego są również niezbędne do zwiększenia akceptacji i zaufania do systemów AloT. Pracownicy powinni aktywnie uczestniczyć we współprojektowaniu inteligentnych narzędzi, które wpływają na ich codzienne zadania, a kwestie etyczne — zwłaszcza związane z prywatnością danych i podejmowaniem decyzji algorytmicznych — muszą być uwzględniane od samego początku.

Podsumowując, AloT nie zastąpi ludzkich pracowników, ale ci, którzy opanują narzędzia AloT, mogą przewyższać tych, którzy tego nie robią. W miarę jak automatyzacja przejmuje powtarzalne zadania, pracownicy będą coraz bardziej skupiać się na prowadzeniu, dopracowywaniu i optymalizacji tych inteligentnych systemów. Ludzki mózg wciąż jest jednym z najbardziej zaawansowanych i wydajnych systemów przetwarzania informacji. Choć AI potrafi analizować ogromne zbiory danych i wykrywać wzorce z niesamowitą szybkością, nie posiada subtelnego, intuicyjnego zrozumienia, które mają ludzie. Doskonale radzimy sobie z chwytaniem kontekstu, czytaniem między wierszami i tworzeniem wnikliwych powiązań z ograniczonymi informacjami — możliwości, które pozostają poza zasięgiem nawet najpotężniejszych systemów AI.

■ Czynniki środowiskowe

Integracja AloT w produkcji mebli pomaga zmniejszyć ślad węglowy poprzez redukcję zużycia energii, wody i zasobów, minimalizację odpadów, poprawę logistyki i zwiększenie ogólnej efektywności. Pomaga to także zmniejszyć powtarzalność zadań od pracowników i pozwolić im skupić się na bardziej wartościowych zadaniach. Dodatkowo AloT umożliwia konserwację predykcyjną, co wydłuża żywotność sprzętu i ogranicza niepotrzebne interwencje. Takie zastosowania mogą znacząco obniżyć wpływ na środowisko, zapewniając, że procesy produkcyjne są zgodne ze standardami i przepisami środowiskowymi.

Jednak AloT wprowadza również istotne skutki środowiskowe ze względu na zależność od wbudowanej elektroniki, dużych ilości danych, modeli uczenia maszynowego oraz trwałej łączności.

Na poziomie urządzeń systemy AloT obejmują miliardy połączonych czujników, mikrokontrolerów, siłowników i procesorów brzegowych. Te składniki są często niewielkie, ale ich ogromna objętość stanowi znaczne obciążenie środowiskowe. Zazwyczaj zawierają pierwiastki ziem rzadkich, metale ciężkie oraz tworzywa sztuczne inżynieryjne, których wydobycie i rafinacja są powiązane z dużym wpływem na środowisko. Wiele urządzeń AloT jest również ograniczonych energią i zaprojektowanych z myślą o ograniczonym czasie życia, co zwiększa ich udział w odpadach elektronicznych. Ślad produkcyjny dodatkowo zwiększa integracja sprzętu obsługującego AI. Układy te obejmują złożone, energooszczędne procesy produkcyjne oraz częste cykle technologicznego przestarzałości.

Po stronie danych systemy AloT generują i przetwarzają ogromne ilości danych. Choć edge computing zmniejsza opóźnienia i wymagania dotyczące przepustowości, wiele architektur AloT nadal polega na chmurze obliczeniowej do agregacji danych, długoterminowego przechowywania i treningu złożonych modeli. W rezultacie AloT przyczynia się do wzrostu śladu energetycznego i wodnego centrów danych podczas użytkowania.

Modele AI stosowane w aplikacjach AloT — szczególnie algorytmy głębokiego uczenia do widzenia, przetwarzania języka naturalnego czy wykrywania anomalii — mogą być bardzo energochłonne do trenowania.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Wdrożenie AloT w fabryce wiąże się z przestrzeganiem kilku przepisów i standardów dotyczących bezpieczeństwa danych, interoperacyjności, wpływu na środowisko oraz wymagań branżowych. Poniżej przedstawiono kilka kluczowych kwestii regulacyjnych:

Ustawa o Cyberodporności (CRA): CRA wprowadza obowiązkowe wymagania dotyczące cyberbezpieczeństwa dla produktów zawierających elementy cyfrowe, obejmujące zarówno sprzęt, jak i oprogramowanie, w tym urządzenia AloT.

- Obowiązkowe środki bezpieczeństwa: Producenci muszą wdrażać funkcje bezpieczeństwa przez cały cykl życia produktu, od projektowania po wycofanie.
- Zgłaszanie podatności: Firmy są zobowiązane do zgłaszania wykorzystywanych luk władzom w ciągu 24 godzin oraz przekazywania kompleksowych aktualizacji w ciągu 72 godzin.
- Aktualizacje bezpieczeństwa: Urządzenia muszą otrzymywać aktualizacje bezpieczeństwa przez co najmniej pięć lat, chyba że przewidywana żywotność produktu jest krótsza.
- Kary za nieprzestrzeganie przepisów: Produkty niezgodne z przepisami mogą zostać zakazane na rynku UE, z grzywnami do 15 milionów euro lub 2,5% światowego obrotu.

IIC (Konsorcjum Przemysłowego Internetu): Security Framework – Definiuje najlepsze praktyki bezpieczeństwa dla przemysłowego IoT i cyfrowych bliźniaków.

Ustawa o sztucznej inteligencji (UE) – Reguluje podejmowanie decyzji oparte na AI w środowiskach przemysłowych

Zielony Ład UE i Mechanizm Dostosowania Granic Węglowych – Wymaga cyfrowego monitorowania śladu węglowego w zakładach przemysłowych.



Rozwiązania



Wbudowana sztuczna inteligencja w zakresie predykcyjnej konserwacji dla przemysłowych silników elektrycznych

Advantech
Tajwan ↔

Predykcyjne utrzymanie silników elektrycznych zapobiega kosztownym awariom dzięki monitorowaniu drgań i temperatur. Urządzenia takie jak WISE-2410, wyposażone w ARM Cortex-M4, LoRa i edge computing, analizują dane na pokładzie, aby wydłużyć żywotność baterii do 2 lat. Dzięki ochronie IP66 nadaje się do silników, pomp, systemów HVAC i innych urządzeń, zapewniając efektywne, bezprzewodowe monitorowanie stanu.



Przemysłowe (łatwe) urządzenia łączności IoT dla PLC i maszyn

HMS Networks
Szwecja ↔

Przemysłowe produkty komunikacyjne HMS łączą miliony PLC, robotów i urządzeń z oprogramowaniem i systemami zdalnymi. Ich rodzina urządzeń EWON umożliwia bezpieczny, łatwy zdalny dostęp do PLC bez zapór sieciowych czy przekierowania portów, nawet w Chinach. Obsługując wiele marek PLC, EWON łączy dane przemysłowe z użytkownikami zdalnymi za pośrednictwem Wi-Fi lub sieci komórkowych.



Brama do obsługi komputerów brzegowych AIoT-5G-G06

Trugemtech
Chiny ↔

TruGem AIoT-5G-G06 to rackowa brama AIoT (Artificial Intelligence of Things) 5G Edge Computing Gateway 1U rackmountowana, zaprojektowana do prostej integracji ze standardowymi szafami komputerowymi. Jednostka ta integruje funkcjonalność AI z wysokowydajnymi możliwościami przetwarzania danych, co czyni ją odpowiednią dla środowisk przemysłowych i korporacyjnych rozwiązań IoT. Obsługuje analizę danych w czasie rzeczywistym oraz automatyczne podejmowanie decyzji na krawędzi, zmniejszając opóźnienia i minimalizując potrzebę podróży w chmurę w obie strony. TruGem AIoT-5G-G06 jest przeznaczony do zastosowań w środowiskach wymagających ciągłego przetwarzania danych, monitorowania i możliwości reagowania blisko źródła danych.



Przemysłowy ultrakompaktowy model bez wentylatorów PC i OpenVINO

Open Vino (Intel Corporation)
Stany Zjednoczone ↔ ↔

Skalowalne, ultrakompaktowe komputery przemysłowe łączą maksymalną moc obliczeniową w obecnie najbardziej kompaktowym formacie z szerokim wachlarzem opcji instalacji w szafie sterowniczej. Idealnie nadaje się do sterowania, wizualizacji i komunikacji, na przykład w chmurze. Oferują moc obliczeniową do szerokiego zakresu zadań automatyzacji i wizualizacji. Dzięki imponującej mocy obliczeniowej w stosunku do rozmiaru, komputery te są głównie nadawane do zastosowań w Industrii 4.0, na przykład jako brama IoT.

Komputery przemysłowe są wykorzystywane do uruchamiania zaawansowanych frameworków AI i oprogramowania, takich jak OpenVINO. To otwartoźródłowy zestaw narzędzi do optymalizacji i wdrażania modeli głębokiego uczenia. Umożliwia programistom tworzenie skalowalnych i wydajnych rozwiązań AI przy użyciu stosunkowo niewielu linii kodu



DeviceWISE® AI

Telit Cinterion
Stany Zjednoczone ↔

Włączając AI do IoT, platforma wspiera inspekcję wizualną za pomocą zaawansowanych algorytmów i technik głębokiego uczenia, optymalizację opartą na danych dla jednolitej jakości produktu oraz zbieranie i analizę danych do predykcyjnego utrzymania. Wspierając systemy no-code lub low-code, platforma umożliwia optymalizację procesów (poprawa zużycia energii może również zaoszczędzić koszty).



Asus Ebs-4U – Inteligentne uzupełnianie

ASUS
Tajwan ↔

Rozwiązanie Smart Replenishment ASUS IoT i Macnica DHW wykorzystuje AI i rozpoznawanie obrazów, aby zautomatyzować uzupełnianie zapasów produktów niepsujących się z kodem kreskowym. Działając 24/7, zapewnia widoczność zapasów w czasie rzeczywistym, eliminuje ręczne kontrole i zwiększa efektywność. Kompleksowa platforma łączy sprzęt i analitykę ASUS IoT z interfejsem Macnica, zapewniając łatwe i skalowalne wdrożenie w sklepie.



Przykłady

**Prace wewnętrzne**

Polska



Zarządzanie wydajnością aktywów: Użytkownicy mogą poprawić wydajność, będąc na bieżąco informowani o tym, jak zasoby spełniają KPI. Ponadto użytkownik może sprawdzić, czy istniejące KPI nadal mają sens. Dzięki aplikacjom do zarządzania wydajnością opartym bezpośrednio na platformie AloT, użytkownicy otrzymują automatyczne powiadomienia za każdym razem, gdy wystąpi odchylenie, i mogą szybko reagować na nieprawidłowe zachowania. Dane w czasie rzeczywistym i informacje zwrotne od maszyn pozwalają im dopracować KPI, aby maksymalnie wykorzystać wydajność maszyn. Przekłada się to na skuteczniejsze wykorzystanie zasobów i szybsze czasy produkcji.

**Pressac Communications Ltd**

Wielka Brytania



Monitorowanie i zarządzanie zużyciem energii: Zrównoważony rozwój szybko staje się priorytetem biznesowym dla producentów ze względu na popyt konsumentów i surowsze regulacje. W związku z tym możemy spodziewać się strategicznego przejścia na czystsze i bardziej ekologiczne operacje, takie jak wykorzystanie energii odnawialnej, materiałów nadających się do recyklingu, redukcja emisji, nadmierne opakowanie oraz zużycie wody. Zużycie energii minimalizuje się dzięki zastosowaniu najbardziej energooszczędnych rozwiązań dla połączonych zasobów. Monitorowanie i zarządzanie zużyciem energii za pomocą AloT w zakładach produkcyjnych może pomóc w identyfikacji wzorców i ograniczeniu nietypowych wycieków energii, śledzeniu szczytów energii, badaniu sposobów ograniczania marnotrawstwa energii oraz lepszym zrozumieniu, jak każdy obiekt przemysłowy przyczynia się do całkowitego zużycia energii.

**Grupa CPCON**

Stany Zjednoczone



Zarządzanie zapasami i łańcuchem dostaw: Zintegrowana platforma AloT usprawnia zarządzanie zapasami i prognozowanie zasobów w zakładach produkcyjnych. Dzięki wykorzystaniu analityki czasu rzeczywistego poprawia przejrzystość łańcucha dostaw, automatyzuje decyzje i zwiększa odporność. Narzędzia oparte na AI pomagają przewidywać zakłócenia, zarządzać złożonymi zapasami i zwiększać efektywność, co ostatecznie prowadzi do lepszej kontroli jakości dostawców, doświadczenia klienta i wyników biznesowych.

**Prohan**

Polska



System widzenia komputerowego do wczesnego wykrywania wad: Wczesne wykrycie wad na linii produkcyjnej jest kluczowe dla producentów mebli drewnianych używających drewna liściastej. Dzięki rozwiązaniu opartemu na algorytmach widzenia komputerowego i uczenia maszynowego, szczeliny, pęknięcia i pęknięcia w panelach można zidentyfikować natychmiast po kroku klejenia, na etapie, gdy prędkość maszyny sprawia, że defekty są niewykrywalne dla ludzkiego oka

**Axiomtek**

Tajwan (Siedziba Centralna)



Zintegrowane z AI roboty serwisowe Axiomtek łączą AI, chmurę, big data i biometrię do wykrywania, podejmowania decyzji i autonomicznej kontroli. Napędzany przez wysokowydajne komputery brzegowe, takie jak eBOX , IPC , systemy , AIE oraz system-on-modules , oferują elastyczne I/O, kompaktowy design i personalizację. Axiomtek oferuje również usługi projektowania dostosowane do zwiększenia wydajności, obniżenia kosztów i przyspieszenia wdrażania.

**Fanuc**

Japonia



Roboty współpracujące oparte na AI w stolarstwie automatyzują zadania takie jak szlifowanie, trasowanie i obsługa, poprawiając precyzję, jakość i bezpieczeństwo poprzez minimalizację narażenia człowieka na kurz i zagrożenia. Dzięki integracji z AloT roboty kontrolują jakość w czasie rzeczywistym, uczą się na podstawie wyników i optymalizują procesy, zwiększając produktywność i umożliwiając inteligentne, bardziej elastyczne i efektywne operacje produkcyjne.



1



Trudność implementacji: **Niski**

Opłacalność ekonomiczna: **Wysoki**

Droga IoT i łączność



Opis

IoT, czyli Internet Rzeczy, to sieć fizycznych obiektów — "rzeczy" — wbudowanych w czujniki, oprogramowanie i inne technologie, które pozwalają im łączyć się i wymieniać dane z innymi urządzeniami i systemami przez internet. W istocie chodzi o łączenie codziennych przedmiotów z internetem, umożliwiając im zbieranie, udostępnianie i działanie na podstawie danych. Ale IoT to nie tylko sprzęt i łączność. IoT umożliwia wiele nowych usług towarowych i przekształca domy w inteligentne ekosystemy oraz kształtuje sposób, w jaki firmy kierują swoją działalność.

1 IoT przekształca domy w inteligentne ekosystemy (Źródło: CodiAnt)

Oto przegląd elementów kluczowych dla IoT:

- **Połączone obiekty:** IoT obejmuje szeroki zakres urządzeń domowych lub podłączonych obiektów, od urządzeń takich jak termostaty, systemy oświetlenia i asystenci głosowi, po urządzenia noszone i systemy zabezpieczeń inteligentnego domu. Urządzenia te tworzą fizyczną warstwę ekosystemu IoT, wchodząc w interakcje z użytkownikami i środowiskiem.
- **Czujniki:** Urządzenia te wyposażone są w wbudowane czujniki, które zbierają dane z otoczenia (takie jak temperatura, wilgotność, ruch, światło, poziom CO₂ czy zamieszkanie). Te surowe dane stanowią podstawę aplikacji świadomych kontekstu, które umożliwiają inteligentną automatyzację i kontrolę.
- **Bramy i komunikacja:** Dane zbierane przez czujniki są przesyłane za pomocą protokołów komunikacyjnych takich jak Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, LoRaWAN czy NB-IoT. Bramy działają jako pośrednicy, które agregują i wstępnie przetwarzają te dane przed wystaniem ich do chmury lub lokalnych serwerów
- **Przetwarzanie i analityka danych:** Po przestaniu dane są przetwarzane w chmurze lub na krawędzi. AI i algorytmy uczenia maszynowego analizują informacje, aby wykrywać wzorce, przewidywać zachowania użytkowników i umożliwiać automatyzację.
- **Systemy sterowania i interfejsy:** Użytkownicy wchodzą w interakcje z ekosystemem IoT za pomocą pulpitu zapewniającego kontrolę, monitorowanie i konfigurację urządzeń w czasie rzeczywistym.
- **Usługi i zastosowania:** Ostatecznie IoT umożliwia szeroki zakres usług, takich jak predykcyjne utrzymanie, optymalizacja energii, monitorowanie stanu zdrowia

oraz zwiększony komfort i bezpieczeństwo.

W miarę jak technologia Internetu Rzeczy (IoT) staje się coraz ściślej zintegrowana z codziennymi systemami, stylem życia i biznesem, rośnie zapotrzebowanie na cyberbezpieczeństwo. Technologia cyberbezpieczeństwa dla urządzeń Internetu Rzeczy (IoT) jest kluczowa ze względu na rosnącą liczbę podłączonych urządzeń i wrażliwych danych, które obsługują. Urządzenia IoT, od inteligentnych urządzeń domowych po czujniki przemysłowe, często są podatne na zagrożenia cybernetyczne ze względu na ograniczoną moc obliczeniową, brak wbudowanych funkcji bezpieczeństwa oraz złożoność ekosystemów IoT. Poniżej przedstawiono kluczowe technologie i praktyki cyberbezpieczeństwa zaprojektowane w celu ochrony urządzeń IoT.

2 Typy urządzeń IoT (Źródło: Istock)

Od sierpnia 2025 roku nowe europejskie przepisy będą wymagać od wszystkich urządzeń IoT (w tym urządzeń korzystających z Wi-Fi lub Bluetooth) spełnienia rygorystycznych standardów cyberbezpieczeństwa. Producenci muszą zapewnić bezpieczeństwo urządzenia przez cały cykl życia produktu, w tym jasne ujawnianie podatności, określone okresy wsparcia oraz stosowanie unikalnych lub zdefiniowanych przez użytkownika hasel, aby zapobiec ryzyku domyślnego uwierzytelniania. Funkcje bezpieczeństwa, takie jak Secure Boot, walidacja firmware, uwierzytelnianie oparte na PKI oraz opcjonalne uwierzytelnianie wieloskładnikowe (MFA), pomogą chronić przed nieautoryzowanym dostępem.

3 Urządzenia IoT w domu (Źródło: AdobeStock)

Ochrona zarówno danych, jak i połączeń sieciowych jest kluczowym elementem zapewnienia bezpieczeństwa w użyciu urządzeń inteligentnych. Oznacza to, że informacje przesyłane między urządzeniami pozostają prywatne i nie mogą być odczytywane ani zmieniane przez innych. Te zabezpieczenia są szczególnie ważne dla urządzeń IoT, często spotykanych w inteligentnych domach, gdzie narzędzia bezpieczeństwa, takie jak chronione połączenia i aktualizacje oprogramowania, pomagają utrzymać systemy na bieżąco i bezpiecznie.

4 Ekosystem IoT Smarthub Home (Źródło: AEOTEC)

5 Pulpit IoT (Źródło: AdobeStock)



Zastosowanie

IoT zmienia nasze środowisko, umożliwiając nowe sposoby zarządzania zasobami, poprawiając efektywność i dostarczając lepszych informacji dzięki analizie danych. Zastosowania IoT obejmują między innymi:

- **Inteligentne domy:** asystenci głosowi, automatyczne odkurzacze, termostaty i siłowniki.
- **Monitorowanie środowiskowe:** temperatura i wilgotność, poziom pracy w temperaturze (CO₂, LZO...)
- **Bezpieczeństwo:** inteligentne kamery, czujniki ruchu i zamki zapewniają monitorowanie w czasie rzeczywistym i powiadomienia, zwiększając bezpieczeństwo domu.
- **Urządzenia pomiarowe:** inteligentne liczniki do zasilania prądu, wody i gazu, które mogą być instalowane oprócz tych zarządzanych przez dostawców.
- **Inteligentne urządzenia:** Urządzenia z IoT, takie jak inteligentne lodówki, inteligentne piekarniki czy inteligentne zmywarki, mogą być sterowane zdalnie i oferują takie funkcje jak sugerowanie przepisów oraz automatyczne zamawianie.
- **Urządzenia noszone:** trackery fitness, smartwatche oraz inne gadżety związane ze zdrowiem i dobrym samopoczuciem.
- **Inteligentny budynek:** monitorowanie obciążenia i przepływu ludzi, kontrola dostępu oraz oszczędność energii, między innymi.
- **Samochody połączone:** obsadzenie parkingu, zdalne sterowanie oraz rezerwacje samoobsługowe to niektóre z zastosowań.
- **Lokalizacja i śledzenie:** zarówno ludzi, jak i towarów.

6 Kontroler termiczny i mobilny panel sterowania (Źródło: EVEHOME)

Poza funkcjami poszczególnych urządzeń, systemy IoT umożliwiają ciągłe monitorowanie, zbieranie i przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym, umożliwiając predyktoryczne analizy i adaptacyjne zachowania. Urządzenia te często współpracują z platformami chmurowymi lub urządzeniami edge computing, które analizują dane z czujników i podejmują autonomiczne decyzje lub wywołują alerty. Systemy sterowania i aplikacje mobilne oferują użytkownikom scentralizowany dostęp do konfiguracji, zarządzania i wizualizacji operacji IoT zdalnie.

Ta dwukierunkowa komunikacja między podłączonymi urządzeniami a infrastrukturą sterowania ułatwia bardziej responsywne środowiska oraz wspiera automatyzację, efektywność energetyczną i bezpieczeństwo.



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Niski

Elektronika IoT klasy konsumenckiej musi być łatwa w instalacji i obsłudze zarówno dla integratora, jak i użytkownika końcowego. Czasami producenci stawiają na wygodę lub stawiają na pierwszym miejscu bezpieczeństwo. Jednak nie powinno być konieczne wybieranie jednej z nich. Zapewnienie dokładności, bezpieczeństwa i prywatności danych jest kluczowe dla sukcesu inicjatyw związanych z czujnikami sieciowymi. Solidne środki cyberbezpieczeństwa są niezbędne do ochrony wrażliwych informacji i zapobiegania nieautoryzowanemu dostępowi. Wymogi regulacyjne zmuszą producentów do skupienia się na cyberbezpieczeństwie, a oni z pewnością będą w stanie utrzymać niskie trudności wdrożenia.

Opłacalność ekonomiczna: Wysoki

Wdrożenie technologii sieciowych czujników na dużą skalę często wymaga znacznych inwestycji w czujniki, urządzenia IoT, oprogramowanie, infrastrukturę oraz wykwalifikowany personel. Jednak dla wdrożeń na małą i średnią skalę IoT jest już dojrzałą technologią z udowodnionym zwrotem z inwestycji.

Czynniki ludzkie

Adopcja IoT przyspiesza w środowiskach konsumenckich, szczególnie dzięki urządzeniom połączonym ze smartfonami lub sterowanymi głosem. Technologie te stają się wszechobecne w codziennym życiu — od inteligentnych termostatów i oświetlenia po systemy zabezpieczeń i czujniki jakości powietrza.

Dla producentów integracja sieciowych czujników z meblami lub wnętrzami domów stanowi zmianę paradygmatu: przekształca jednorazową sprzedaż w

2



3



4



5



modele usług ciągłych, z przychodami z usług opartych na danych, takich jak konserwacja predykcyjna, zdalne monitorowanie czy analityka użytkownika.

Wdrożenie systemów IoT na dużą skalę wymaga znaczącej transformacji kulturowej i organizacyjnej. Firmy muszą ewoluować w kierunku podejścia opartego na danych i wspierać współpracę międzyresortową między IT, projektowaniem produktów a obsługą klienta.

Aby zapewnić adopcję i użyteczność, HR musi inwestować w podnoszenie kwalifikacji pracowników w takich obszarach jak świadomość danych, interakcja z interfejsem użytkownika oraz protokoły cyberbezpieczeństwa. Operatorzy i personel wsparcia powinni być również szkoleni w interpretacji danych z czujników i odpowiednim reagowaniu.

Ponadto podejścia partycypacyjne — gdzie pracownicy uczestniczą w testowaniu i doskonaleniu inteligentnych systemów — wzmacniają własność i akceptację. Aspekty etyczne, takie jak prywatność danych, granice monitorowania pracowników oraz przejrzystość algorytmiczna, powinny być poruszane proaktywnie w dialogu z personelem.

Krótko mówiąc, akceptacja przez człowieka, zaufanie i biegłość cyfrowa są kluczowe dla udanego wdrożenia IoT.

■ Czynniki środowiskowe

Wdrożenie czujników sieciowych odgrywa kluczową rolę w redukcji śladu węglowego, minimalizowaniu odpadów i zwiększaniu efektywności energetycznej. Urządzenia IoT mogą znacząco zmniejszyć zużycie energii w domu, umożliwiając monitorowanie w czasie rzeczywistym, automatyzację i optymalizację zarządzania energią. Ponadto czujniki sieciowe stanowią podstawę do predykcyjnej konserwacji, wydłużając żywotność urządzeń takich jak kotły czy klimatyzatory oraz minimalizując niepotrzebne interwencje.

Jednak jego ślad środowiskowy szybko rośnie ze względu na rozpowszechnianie się elektroniki wbudowanej, ciągłą wymianę danych oraz potrzeby infrastrukturalne.

Na poziomie sprzętowym urządzenia IoT obejmują czujniki, mikrokontrolery, moduły komunikacyjne (np. Wi-Fi, Bluetooth, LTE) oraz baterie. Składniki te zazwyczaj składają się z pierwiastków ziem rzadkich, miedzi, litu, kobaltu oraz polimerów inżynierskich, które mają istotny wpływ na środowisko. Miniaturyzacja i integracja elektroniki, choć poprawiają funkcjonalność, często

utrudnia demontaż i recykling, co budzi obawy dotyczące odpadów elektronicznych (e-waste).

Faza produkcji urządzeń IoT jest energochłonna i obejmuje produkcję półprzewodników, produkcję płytek drukowanych oraz montaż w kontrolowanych środowiskach. Wiele urządzeń jest zaprojektowanych tak, aby były tanie i jednorazowe, z krótkim okresem życia produktu (2–5 lat), co dodatkowo wzmacnia ich wpływ na środowisko. Co więcej, globalna skala IoT oznacza, że nawet niewielkie wpływy na urządzenie przekładają się na znaczące efekty zagregowane.

W fazie pracy większość urządzeń IoT szczególnie zużywa minimalną ilość energii. Jednak ich skumulowane zapotrzebowanie na energię elektryczną jest znaczące, zwłaszcza gdy skaluje się na miliony węzłów. Oprócz mocy potrzebnej do obsługi urządzeń, transmisja danych, przechowywanie w chmurze i analityka wymagają rozległej infrastruktury cyfrowej.

Wiele systemów IoT jest zależnych od chmury, przesyłając dane z czujników do scentralizowanych serwerów w celu ich przetwarzania. Zwiększa to ślad środowiskowy, szczególnie gdy dane o niskiej wartości lub redundantne są nieprzerwanie przesyłane strumieniowo.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Wdrożenie czujników sieciowych w fabryce wiąże się z przestrzeganiem kilku przepisów i standardów dotyczących bezpieczeństwa danych, interoperacyjności, wpływu na środowisko oraz specyficznych wymagań. Poniżej przedstawiono kilka kluczowych kwestii regulacyjnych:

- Podstawowy wymóg określony w artykule 3(3), punkcie (d) **dyrektywy 2014/53/UE** ma zastosowanie do każdego sprzętu radiowego, który może komunikować się przez internet, niezależnie od tego, czy komunikuje się bezpośrednio, czy za pośrednictwem innego sprzętu ("sprzęt radiowy podłączony do internetu").
- **prEN18031-1**: Internet Connected Radio (bezpieczeństwo i ryzyko sieciowe)
- **prEN18031-2**: Różne urządzenia radiowe (zabawki, urządzenia noszone) (ryzyko bezpieczeństwa i prywatności)
- **prEN18031-3**: Zarządzanie walutą radiową (bezpieczeństwo i ryzyko finansowe)
- **RODO (Ogólne rozporządzenie o ochronie danych osobowych – UE)**: Reguluje zbieranie, przetwarzanie i przechowywanie danych, zapewniając prywatność danych osobowych i przemysłowych.
- **ISO/IEC 27001**: Międzynarodowy standard zarządzania bezpieczeństwem informacji.

6





Rozwiązania



Platforma Fiware Middleware

Nivid Technologies

Stany Zjednoczone ↻

FIWARE to platforma open-source, która wspiera rozwój inteligentnych aplikacji wykorzystujących otwarte standardy i zaawansowane technologie. Zwiększa interoperacyjność, wspiera innowacje, redukuje koszty i poprawia usługi publiczne. Rozwiązania własnościowe, takie jak platforma inteligentnych miast Telefóniki, rozwijają podstawy FIWARE — wykorzystując jego API, współdzielone modele danych oraz wymianę danych w czasie rzeczywistym dla płynnej kompatybilności.



Dopasowanie produktów producentów do ekosystemu Smart Home IoT

Fundacja Otwarty Dom

Nowa Zelandia ↻ ↻ ↻ ↻

Home Assistant ↻, Google Home ↻, Apple HomeKit ↻, Tuya Home ↻, Samsung SmartThings ↻... Te firmy nie tworzą tylko produktów; rozwijają marki ekosystemu IoT, które zapewniają wygodę, bezpieczeństwo i efektywność. Powiązanie między innymi sprawami sprawia, że użytkownicy nie są już zadowoleni z dostępu do jednego produktu/usługi, lecz zaczynają domagać się kompleksowego rozwiązania opartego na scenariuszach.



Nowe protokoły łączności opartej na IP o niskim pobiciu energii dla inteligentnych domów

Thread Group

Stany Zjednoczone ↻

Wi-Fi kiedyś było nieefektywne dla urządzeń IoT zasilanych bateriami, ale Wi-Fi 6 wprowadziło funkcje takie jak Target Wake Time (TWT), aby zmniejszyć zużycie energii. Umożliwiło to wprowadzenie nowych protokołów IoT bez dodatkowego sprzętu. Thread, niskoenergooszczędny protokół mesh, oferuje bezpieczną, skalowalną komunikację. Matter, wprowadzony przez duże firmy technologiczne, opiera się na Thread i Wi-Fi, aby zapewnić bezproblemową interoperacyjność urządzeń inteligentnego domu. ▶



Rozwiązanie IoT dla bezpieczeństwa w środowisku mieszkaniowym i pracy

Netmamo

Francja ↻

Netatmo Smart Smoke Alarm to samodzielny czujnik dymu z Wi-Fi, który zapewnia powiadomienia w czasie rzeczywistym na Twój smartfon. Wyposażony jest w wysokowydajny sensor fotoelektryczny, który emituje alarm o mocy 85 dB po wykryciu dymu. Dzięki 10-letniej żywotności baterii eliminuje potrzebę częstych wymian baterii. Urządzenie posiada także funkcję samotestu, monitorującą baterię, czujnik i połączenie Wi-Fi oraz informowanie o wszelkich problemach. Instalacja jest prosta, a aplikacja integruje się płynnie z aplikacją Home + Security, kompatybilną zarówno z urządzeniami iOS, jak i Android.



Frameworki rozwoju szybkiego

Blynk Technologies Inc.

Stany Zjednoczone ↻

Blynk to niskokodowa platforma IoT, która przyspiesza rozwój produktów dzięki narzędziom do tworzenia aplikacji typu drag-and-drop, zarządzaniu urządzeniami oraz infrastrukturze chmurowej. Obsługuje szybkie prototypowanie, sprzęt wieloplatformowy oraz bezproblemową integrację, umożliwiając szybkie i skalowalne rozwiązania IoT przy minimalnym kodowaniu.



Czujniki i urządzenia IoT

TEKTELIC Communications

Kanada ↻

TEKTELIC projektuje i produkuje urządzenia LoRaWAN® umożliwiające IoT, które przekształcają dane środowiskowe i operacyjne w praktyczne analizy. Ich czujniki mogą monitorować szereg parametrów, w tym temperaturę, ruch, jakość powietrza oraz stan sprzętu, zarówno w środowisku wewnętrznym, jak i na zewnątrz. Urządzenia te są wykorzystywane w aplikacjach takich jak śledzenie zasobów, monitorowanie środowiskowe oraz budownictwo optymalizacja wydajności.



Przykłady



Ojmar

Hiszpania



Inteligentne systemy blokowania IoT: OJMAR, firma z ponad 90-letnią działalnością w produkcji zamków meblowych, przeszła od produkcji trwałych zamków mechanicznych do oferowania elektronicznych rozwiązań elektronicznych z IoT. Początkowo skupiała się na jednorazowych sprzedażach, obecnie generuje przychody dzięki utrzymaniu, oprogramowaniu i analizie danych. Obsługując całodobowe centra sportowe, OJMAR wykorzystuje IoT do predykcyjnej konserwacji i danych użytkowników, wspierając serwityzację i transformację cyfrową.



Ikea

Szwecja



Meble wbudowane w IoT (produkt i usługa): Stół IKEA STARKVIND ma wbudowany filtr powietrza, który usuwa cząsteczki kurzu, alergeny i zanieczyszczenia z otaczającego powietrza, przyczyniając się do czystszej i zdrowszego środowiska w pomieszczeniu, w którym stoi stół. Posiada filtr cząstek zoptymalizowany do filtrowania około 99,5% cząstek unoszących się w powietrzu.



Ori Living

Stany Zjednoczone



Mieszkania z możliwością rozbudowy z robotycznymi meblami: Założone przez Hasiera Larreę, Ori Living sprawia, że transformacja przestrzeni jest bezwysiłkowa dzięki zestawowi narzędzi plug-and-play, które umożliwiają architektom i deweloperom projektowanie bardziej innowacyjnych, elastycznych i pożądanego środowisk mieszkalnych. Ori wprowadza dynamiczny model rozwoju, który lepiej odpowiada potrzebom zarówno najemców, jak i deweloperów — torując drogę do elastycznego i intuicyjnego stylu życia. Wspierane przez dekadę innowacji, tysiące rzeczywistych instalacji i korzenie w branży MIT, autorskie systemy robotyczne Ori oferują sprawdzone rozwiązanie projektowe. Dają architektom narzędzia do tworzenia transformujących doświadczeń w domu oraz typologii apartamentów rozszerzających przestrzeń, które płynnie integrują się z każdym typem konstrukcji.



Morfeus (we współpracy z Cosmob)

Włochy



Inteligentne rozwiązania dla jakości snu: Włoska marka Morfeus, we współpracy z Cosmob, Centrum Technologicznym dla sektora drewna i mebli, opracowała innowacyjny materac zintegrowany z zaawansowanymi czujnikami do monitorowania kluczowych parametrów wpływających na jakość snu. Konkretnie, czujniki wbudowane w materac śledzą temperaturę, wilgotność i fazy snu, podczas gdy zewnętrzne czujniki podłączone do systemu mierzą czynniki środowiskowe w sypialni, takie jak temperatura, wilgotność, jakość powietrza, jasność i hałas. Wszystkie zebrane dane są analizowane i przekazywane użytkownikowi za pomocą dedykowanej aplikacji na smartfona, która dostarcza spersonalizowanych porad i sugestii pomagających poprawić jakość snu.



Autonomiczne

Stany Zjednoczone



Autonomiczne biurko napędzane przez AI: Autonomous Desk umożliwia automatyczną regulację wysokości, aby promować zdrowsze nawyki pracy. Podczas początkowego okresu kalibracji użytkownik ręcznie ustawia preferowane wysokości siedzenia i stania. Biurko zapisuje te dane, aby ustalić spersonalizowane wzorce ruchu. Po skonfigurowaniu biurko przechodzi między pozycją siedzącą a stojącą w zależności od wyuczonego zachowania użytkownika, dążąc do zmniejszenia czasu siedzącego w ciągu dnia pracy. Po wykryciu obecności użytkownika rano, automatycznie dostosowuje się do ustawionej wysokości stojącej. Jeśli wykryto długotrwałe siedzenie, system wysyła komunikat zachęcający użytkownika do wstania. Regularna zmienność postawy może przyczynić się do poprawy ergonomii i długoterminowych rezultatów zdrowotnych.



Osiem snu

Stany Zjednoczone



Inteligentny materac z czujnikami AI i technologiami śledzenia zdrowia: EightSleep Pod wykorzystuje czujniki oparte na IoT i AI, aby zapewnić monitorowanie stanu zdrowia w czasie rzeczywistym, przewidywanie chorób oraz adaptacyjne regulacje temperatury i wysokości, wyróżniając się dzięki immersyjnej optymalizacji snu, monitorowaniu potoczonemu ze smartfonem oraz automatycznym dostosowaniom do spersonalizowanego odpoczynku, co nie jest możliwe tradycyjnymi produktami.

Generatywna sztuczna inteligencja do projektowania niestandardowego i szybkiego prototypowania



Opis

Modele podstawowe do generowania obrazów stanowią zaawansowaną kategorię w dziedzinie generatywnej sztucznej inteligencji. Są one wynikiem ewolucji głębokich sieci neuronowych (głębokie uczenie) oraz technik uczenia maszynowego skoncentrowanych na generowaniu wizualnym. Technologia ta pozwala użytkownikom optymalizować i przyspieszać procesy twórcze, dostarczając wysokiej jakości rezultaty. W sektorze meblowym ma potencjał, by stać się inteligentnym asystentem kreatywnym dla projektantów, architektów wnętrz i innych ról zaangażowanych w tworzenie i personalizację produktów. ¹

Początki generowania obrazów opartych na AI tkwią w kluczowych postępach ostatniej dekady. Rozpoczęło się w 2014 roku wraz z wprowadzeniem Generative Adversarial Networks (GANs) przez Iana Goodfellowa, a następnie powstały modele takie jak StyleGAN, BigGAN oraz modele dyfuzyjne, zdolne do generowania realistycznych twarzy, obrazów i filmów na podstawie danych wejściowych takich jak tekst, szkice, dźwięk czy dane strukturalne.

Punkt zwrotny nastąpił w 2021 roku wraz z DALL·E 1, pierwszy multimodalny model generatywny od OpenAI, który osiągnął realne efekty w przekształcaniu tekstu w obraz. Oznaczało to konsolidację technologii, która przez lata przynosiła ograniczone rezultaty, znacząco rozszerzając możliwości projektowania, komunikacji i ideowania przestrzennego.

W 2022 roku technologia stała się szerzej dostępna wraz z wydaniem DALL·E 2, oferując lepszą jakość wyników, obok innych modeli, takich jak Imagen (Google), Stable Diffusion (open source) i Midjourney. W latach 2022 i 2023 pojawiły się nowe techniki, takie jak LoRA (Low-Rank Adaptation), która umożliwia efektywne szkolenie, oraz narzędzia takie jak ControlNet, img2img i inpainting/outpainting, które pozwalają na większą kontrolę nad kompozycją, detalami i rozbudową płótna.

1



2



3



4



Trudność implementacji: **Srednie**Opłacalność ekonomiczna: **Srednio-wysokie**

Generatywna sztuczna inteligencja do projektowania niestandardowego oraz Szybkie prototypowanie

Platformy takie jak ComfyUI oferują także środowiska wizualne do pracy z złożonymi workflowami na modelach takich jak Stable Diffusion czy Flux. ²

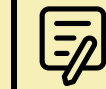
Kluczowym czynnikiem napędzającym boom tych narzędzi nie jest wyłącznie sama technologia. Dzięki przystępnym cenowo, umiarkowanie skomplikowanym narzędziom użytkownicy mają teraz dostęp do możliwości, które wcześniej były ograniczone do kontekstów badawczych. Oprócz poszerzania oferty, nowe narzędzia i techniki tworzą społeczność użytkowników, którzy eksperymentują, dostosowują i personalizują modele do konkretnych zastosowań.

Istnieje już wiele komercyjnych rozwiązań opartych na tych modelach, od platform wizualnych eksplorujących nowe modele biznesowe dzięki tej technologii — takich jak Freepik czy Krea AI — po integracje z narzędziami branżowymi standardowymi, takimi jak Autodesk Revit (z Veras) czy SketchUp (z SketchUp Diffusion). Pozwala to firmom wykorzystać potencjał generatywnej AI bez zakłócania procesów pracy, ułatwiając wdrożenie i skracając krzywą uczenia się. ³

Generatywna AI obrazowa oferuje branży meblarskiej nowy sposób na eksplorowanie i wizualizację koncepcji na wczesnych etapach procesu twórczego. Od generowania moodboardu i prototypów po symulację materiałów, umożliwia szybkie iteracje w wielu alternatywach, zmniejszając czas i koszty operacyjne.

Ponadto multimodalne modele generatywne napędzają tzw. Rozszerzoną Kreatywność: płynną współpracę między projektantem a sztuczną inteligencją. Podczas gdy AI sugeruje wizualne warianty, nieoczekiwane pomysły lub konkretne korekty, profesjonalista skupia się na podejmowaniu decyzji strategicznych.

Poniższe sekcje zagłębią się w zastosowania i wpływ tej technologii na sektor meblarski, gdzie jest ona pozycjonowana jako narzędzie o wysokiej wartości dodanej, które zwiększa efektywność operacyjną, wspiera kreatywną innowację oraz wspiera podejmowanie decyzji strategicznych w całym procesie projektowania i prototypowania produktów.



Zastosowanie

W sektorze meblowym generatywna sztuczna inteligencja pomaga usprawnić kluczowe zadania w procesie projektowania i prototypowania produktów, takie jak generowanie wariantów wizualnych, przeglądanie prototypów czy tworzenie dokumentacji wizualnej. Zwiększa to efektywność operacyjną i wspiera zarówno kreatywne, jak i techniczne podejmowanie decyzji. ⁴

Zautomatyzowane moodboardy do koncepcji projektowych

Narzędzia te umożliwiają zespołom projektowym i produktowym w firmach meblarskich automatyczne generowanie moodboardów na podstawie opisów tekstowych lub odniesień wizualnych. Ułatwiają syntezę trendów estetycznych, palet kolorów i kombinacji materiałów (takich jak drewno, tekstylia, metale czy wykończenia) w spójne kompozycje wizualne, pozwalając zespołom na eksplorację nowych trendów rynkowych w czasie rzeczywistym. Przyczyniają się także do wczesnego identyfikowania ograniczeń technicznych lub preferencji klientów, poprawiając koordynację między projektowaniem, produkcją a sprzedażą. To nie tylko optymalizuje rentowność pod względem kosztów i czasu, ale także przyspiesza podejmowanie kreatywnych decyzji, prowadząc do rezultatów bardziej zgodnych z oczekiwaniami klienta. ⁵

Propozycje wizualne podczas prototypowania produktu

Od pierwszej generacji szkiców cyfrowych po finalne wizualizacje, narzędzia te zapewniają ciągłe wsparcie wizualne podczas projektowania i prototypowania nowych rozwiązań meblowych. Projektanci mogą automatycznie generować wiele wariantów produktu na podstawie jednej początkowej koncepcji, tekstu i/lub obrazu, ułatwiając negocjacje i weryfikację rozwiązań z klientami oraz działami handlowymi lub technicznymi. To zastosowanie wzmacnia współpracę międzydziałową, umożliwiając jasną i skuteczną komunikację poprzez konkretne i realistyczne wizualizacje produktów.

Generatywna sztuczna inteligencja do projektowania niestandardowego i szybkiego prototypowania

Wybór materiału i wykończenia na podstawie określonych kryteriów

Zdolność modeli generatywnych do precyzyjnego symulowania szerokiego zakresu materiałów i wykończeń stanowi znaczącą przewagę dla projektantów produktów, umożliwiając im pracę zgodnie z kryteriami technicznymi, funkcjonalnymi i środowiskowymi. Narzędzia te umożliwiają natychmiastową wizualizację, jak różne materiały można zastosować w jednym cyfrowym projekcie mebli. Ponadto wizualizacje te mogą być wzbogacone o istotne dane dotyczące zmiennych takich jak ślad węglowy, wydajność techniczna czy możliwość recyklingu. Wspiera to świadome podejmowanie decyzji i umożliwia tworzenie propozycji, które są nie tylko atrakcyjne estetycznie, ale także spełniają kryteria zrównoważonego rozwoju, funkcjonalności i wykonalności produkcji.

Immersyjne doświadczenia wirtualne do walidacji prototypów

Połączenie generatywnej AI z technologiami immersyjnej wizualizacji — takimi jak rzeczywistość wirtualna i rozszerzona — stanowi nowy obszar zastosowań o dużym potencjale dla sektora meblowego. Tworzenie immersyjnych środowisk wirtualnych pozwala na wizualizację prototypów w kontekście oraz umożliwia w czasie rzeczywistym korektę wykończeń lub układów przestrzennych. To ułatwia elastyczne i dobrze poinformowane podejmowanie decyzji technicznych i estetycznych. Prototypy wirtualne optymalizują czas i koszty związane z tworzeniem fizycznych modeli oraz znacząco poprawiają możliwości komunikacji i negocjacji z klientami i zespołami produkcyjnymi. ⁶

Automatyzacja wizualnej dokumentacji technicznej

Powtarzalne zadania związane z przygotowaniem wizualnych arkuszy technicznych, szczegółowych planów i końcowych renderów mogą być zautomatyzowane za pomocą narzędzi generatywnych. Pozwala to projektantom skupić się na bardziej wartościowych zadaniach kreatywnych, takich jak wizualne rozwijanie nowych rozwiązań, eksploracja stylu czy personalizacja propozycji klientów. Automatyzacja nie tylko zwiększa spójność wizualną i przyspiesza produkcję dokumentacji graficznej, ale także zwiększa możliwości zespołu w tworzeniu wizualnych zasobów, które wzbogacają projekt i wyróżniają się na każdym etapie procesu projektowego.



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Wykorzystanie narzędzi generatywnej AI, takich jak Krea czy VIZCOM, wiąże się z niskimi kosztami i pozwala zespołom rozpocząć pracę nad prototypami wizualnymi bez większych barier. Poziom trudności wzrasta wraz z niestandardowymi rozwiązaniami i bardziej wyspecjalizowanymi środowiskami, takimi jak Stable Diffusion, które wymagają większych inwestycji technicznych i finansowych. Co więcej, integracja tych narzędzi z istniejącymi przepływami pracy stanowi wyzwanie w organizacjach. Dlatego niezbędne jest promowanie transformacji organizacyjnej, która zmniejsza opór wobec zmian, szkoli zespoły w zakresie korzystania z tych narzędzi i formułowania skutecznych promptów oraz zachęca do kreatywnych eksperymentów.

Opłacalność ekonomiczna: Średnio-wysokie

Wymagana inwestycja zależy od rodzaju rozwiązania: korzystanie z istniejących narzędzi wiąże się z niskimi kosztami, podczas gdy rozwój na zamówienie wymaga wyższych początkowych nakładów. Niemniej jednak zwrot z inwestycji (ROI) może być znaczący dzięki przyspieszonym procesom twórczym oraz zmniejszonej potrzebie prototypów mebli fizycznych, co zmniejsza nakłady na czas i materiały. Dostępne są elastyczne opcje — od rozwiązań wewnętrznych po usługi zewnętrzne — które pozwalają dostosować wydatki do poziomu dojrzałości cyfrowej i możliwości wewnętrznej każdej firmy.

Czynniki ludzkie

Integracja generatywnej AI z kreatywnymi przepływami pracy otwiera nowe możliwości dla profesjonalistów, by skupić się na zadaniach o wyższej wartości. Narzędzia te automatyzują powtarzalną pracę, taką jak generowanie wizualnych wariantów czy tworzenie dokumentacji graficznej, co pozwala projektantom na eksplorowanie innowacyjnych rozwiązań, eksperymentowanie z nowymi stylami lub dostosowywanie propozycji do konkretnych kontekstów. Umożliwiają także płynny dialog między projektantem a maszyną, gdzie AI działa jako współtwórca: sugeruje, dostosowuje i wizualizuje, podczas gdy człowiek podejmuje strategiczne decyzje, wybiera najlepsze opcje i dopracowuje je z rozsądkiem. Takie podejście zespołowe nie tylko poprawia produktywność, ale także zwiększa kreatywność stosowaną oraz ogólną jakość końcowego efektu.

Jednak aby skutecznie zintegrować tę technologię, należy pokonać kilka wyzwań. Po pierwsze, organizacje muszą wspierać zmianę kulturową, która pozycjonuje AI jako zaufanego współpilota, a nie konkurenta.

Obejmuje to ustrukturyzowane szkolenia z zakresu prompt engineeringu, krytycznej interpretacji generowanych treści oraz rozwoju umiejętności wzrokowych w celu oceny wyników wspomaganych przez AI.

Równie ważne jest uwzględnienie kwestii etycznych: zapewnienie przejrzystości możliwości i ograniczeń modelu, wyjaśnienie autorstwa zasobów generowanych przez AI oraz dokumentowanie pochodzenia i wykorzystania danych treningowych.

Mogą się również pojawić nowe stanowiska, takie jak "Strateg Projektowania AI" czy "Kurator promptów", wymagające hybrydowych umiejętności łączących kreatywne kierowanie z wiedzą o AI.

Wreszcie, otwarta komunikacja między HR, zespołami projektowymi i IT jest kluczowa dla stworzenia bezpiecznego i angażującego procesu adopcji, w którym zachęca się do udzielania informacji zwrotnej, eksperymentowania i ciągłego uczenia się.

Odpowiedzialna, skoncentrowana na człowieku implementacja zapewnia, że AI wzmacnia — a nie zastępuje — kreatywnego profesjonalistę, wzmacniając jego znaczenie i wpływ w cyfrowo przekształconym procesie projektowania.

■ Czynniki środowiskowe

W przypadku zastosowania do mebli i projektowania wnętrz, generatywna sztuczna inteligencja może znacząco zmniejszyć wpływ procesów twórczych i produkcyjnych na środowisko. Cyfrowa weryfikacja koncepcji, prototypów i materiałów przed produkcją zmniejsza ilość odpadów spowodowanych błędami lub niepotrzebnymi testami oraz zapobiega powstawaniu odpadów fizycznych. Technologie te umożliwiają również symulację scenariuszy użytkowania, wczesną ocenę wykonalności zrównoważonego projektowania oraz optymalizację procesów produkcyjnych w celu obniżenia zużycia energii. Ponadto otwierają nowe możliwości integracji zasad gospodarki o obiegu za-

mkniętym, takich jak modułowość, naprawalność i recyklażliwość.

Jednak pewne skutki środowiskowe muszą być monitorowane. Według różnych źródeł, zaawansowane modele treningowe mogą generować ponad 500 ton CO₂, a centra danych zużywają ogromne ilości zasobów — nawet do 216 milionów litrów wody tygodniowo na chłodzenie. Ponadto szybkie przestarzałe zużycie sprzętu może doprowadzić do szacunkowo 5 milionów ton odpadów elektronicznych do 2030 roku.

Oprócz zużycia energii elektrycznej i wody, sam sprzęt — głównie GPU i specjalistyczne układy AI — jest zasobożochny do produkcji. Urządzenia te zawierają pierwiastki ziem rzadkich oraz metale szlachetne, takie jak kobalt, złoto i neodym, co przyczynia się do degradacji środowiska i kwestii praw człowieka związanych z górnictwem. Częste modernizacje sprzętu do większych modeli pogłębiają ilość odpadów elektronicznych (e-waste) i skracają cykl życia urządzeń.

W tym kontekście narzędzia oparte na AI mogą wspierać zgodność z rozporządzeniem o ekodesignie (UE 2024/1781), które promuje tworzenie trwałych i zrównoważonych produktów. Podobnie, wdrażanie energii odnawialnej przez firmy korzystające z AI — zachęcane przez Dyrektywę (UE) 2018/2001 — może dodatkowo wzmocnić korzyści środowiskowe tych rozwiązań. Ponadto ustawa o AI, obowiązująca od sierpnia 2024 roku, wymaga oceny wpływu AI na środowisko, co sprzyja bardziej odpowiedzialnemu i przejrzystemu wdrażaniu. Aby wdrażać te technologie w sposób spójny środowiskowo, zaleca się wybór narzędzi o niższym zapotrzebowaniu na energię, dostosowanie ich wykorzystania do rzeczywistych potrzeb oraz ustanowienie wewnętrznych wskaźników monitorowania wpływu ekologicznego w czasie.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

W sektorze meblowym generatywna sztuczna inteligencja może wspierać zgodność z oznaczeniem CE poprzez symulacje cyfrowe, które potwierdzają zgodność przed wyprodukowaniem — szczególnie w produktach podlegających regulacjom, takich jak meble dziecięce czy przedmioty z komponentami elektrycznymi. Umożliwia również generowanie dokładnych danych dla deklaracji produktów środowiskowych (EPD), optymalizację wyboru materiałów i szacowanie śladu węglowego, pomagając firmom spełnić normy takie jak ISO 14025 oraz spełniać wymagania dotyczące certyfikacji środowiskowej w przetargach publicznych i rynkach międzynarodowych.

5



6



Generatywna sztuczna inteligencja do projektowania niestandardowego i szybkiego prototypowania



Rozwiązania



40 Generowanie Obrazów

OpenAI



Stany Zjednoczone ↔

Model 40 OpenAI umożliwia generowanie wysoce realistycznych obrazów na podstawie promptów tekstowych, szkiców lub zdjęć referencyjnych. Usprawnia kreatywne przepływy pracy, pozwalając projektantom szybko wizualizować koncepcje i eksplorować alternatywy projektowe bez tradycyjnego renderowania 3D czy prototypowania, znacząco przyspieszając wczesny rozwój pomysłów w takich dziedzinach jak meblarstwo czy projektowanie produktów.



Generator obrazów Midjourney

Midjourney



Stany Zjednoczone ↔

Midjourney to generator tekstu na obraz, znany z tworzenia stylizowanych i artystycznych wizualizacji na podstawie prostych danych tekstowych. Jest szeroko wykorzystywany przez projektantów i kreatywnych do szybkiego wizualizowania mood boardów, projektowania atmosfer i koncepcji estetycznych, co czyni go efektywnym narzędziem do burzy mózgów i wczesnej wizualizacji w branżach kreatywnych, takich jak meblarstwo czy projektowanie przemysłowe.



Krea.ai Platforma generatywna

Krea.ai



Stany Zjednoczone ↔

Krea.ai oferuje generatywną platformę projektową, która przekształca szkice, zdjęcia lub teksty w dopracowane, wysokiej jakości obrazy. Stworzone dla kreatywnych profesjonalistów, narzędzie wspiera szybkie generowanie wizualnych pomysłów i generowanie wariantów, umożliwiając projektantom testowanie wielu pomysłów na projekty mebli w czasie rzeczywistym, wspierając innowacje bez konieczności ręcznego renderowania.



Narzędzie do renderowania oparte na sztucznej inteligencji

Rendair



Hiszpania ↔

Rendair oferuje rozwiązania renderujące oparte na AI, które przekształcają szkice, zdjęcia i plany pięter w wysokiej jakości treści wizualne. Przyspiesza rozwój produktów i planowanie przestrzeni, oferując optymalne i szybkie alternatywy prototypowania dla profesjonalistów projektowania mebli i wnętrz.



Narzędzie do prototypowania Vizcom AI

Vizcom



Stany Zjednoczone ↔

VIZCOM to narzędzie oparte na sztucznej inteligencji, zaprojektowane do prototypowania produktów poprzez generowanie obrazów w czasie rzeczywistym. Przekształcając szkice lub tekst w szczegółowe wizualizacje, umożliwia projektantom szybkie iterowanie form i cech produktów. Szczególnie przydatny w projektowaniu przemysłowym i meblarskim, VIZCOM łączy wczesne ideowanie z udoskonaloną wizualizacją koncepcji.



Dyfuzja stabilna

Stabilność AI



Wielka Brytania ↔

Stable Diffusion to otwarty model generowania obrazów, który przekształca tekst lub obrazy w fotorealistyczne wizualizacje. Jego elastyczność i kontrola czynią go idealnym do tworzenia niestandardowych mebli lub prototypowania produktów, pozwalając projektantom iterować style, materiały i formy bez kosztownych narzędzi do renderowania czy fizycznych makiet, co zwiększa kreatywność i szybkość.



Generator mebli

OpenArt AI



Stany Zjednoczone ↔

Generator mebli OpenArt AI tworzy realistyczne obrazy mebli na podstawie podpowiedzi tekstowych, zdjęć lub szkiców. Pomaga projektantom i producentom szybko wizualizować produkty, obniżając koszty prototypowania i przyspieszając proces twórczy w projektowaniu mebli, umożliwiając szybkie eksplorowanie koncepcji bez konieczności używania fizycznych próbek.



Visualize AI Platform

Wizualizuj AI



Indie ↔

Visualize AI oferuje intuicyjną platformę do generowania szczegółowych wizualizacji produktów i przestrzeni na podstawie szkiców, zdjęć lub planów pięter. Wspiera projektantów mebli i wnętrz, upraszczając prototypowanie i przyspieszając tworzenie treści wizualnych, poprawiając podejmowanie decyzji i komunikację z klientami oraz interesariuszami.

**Platforma AI do renderowania przestrzeni***Spacely AI**Tajlandia* ↔

Spacely AI specjalizuje się w generowaniu fotorealistycznych wizualizacji przestrzeni mieszkalnych na podstawie obrazów lub tekstu, pomagając projektantom wizualizować układy i układy mebli. Jego podejście oparte na AI zmniejsza zależność od tradycyjnych metod renderowania, oszczędzając czas i koszty przy projektowaniu wnętrz i architekturze.

**Agent AI ds. projektowania***Oda AI**Stany Zjednoczone* ↔

Oda AI wykorzystuje sztuczną inteligencję do tworzenia szczegółowych wizualizacji produktów i przestrzeni na podstawie różnych danych wejściowych, w tym szkiców i tekstów. Rozwija sektor mebli i przestrzeni mieszkalnych, usprawniając procesy prototypowania i umożliwiając szybkie iterowanie koncepcji projektowych.

**Platforma do generowania treści wizualnych***Presti AI**Stany Zjednoczone* ↔

Presti AI umożliwia generowanie realistycznych wizualizacji mebli i przestrzeni na podstawie tekstu lub obrazów, wspierając projektantów w szybkim prototypowaniu i wizualizacji. Platforma usprawnia kreatywne przepływy pracy, zmniejszając potrzebę fizycznych próbek i tradycyjnego renderowania, zwiększając efektywność projektów projektowych.

**Aplikacja renderowania AI***Fermat**Hiszpania* ↔

Aplikacja Fermat oparta na sztucznej inteligencji generuje fotorealistyczne wizualizacje produktów i przestrzeni na podstawie szkiców, zdjęć lub opisów tekstowych. Skupiony na rynku meblowym i projektowania wnętrz, pomaga skrócić czas i koszty prototypowania, jednocześnie ułatwiając szybkie wizualizowanie koncepcji.

**Narzędzie do przeprojektowania wnętrza uwzględniające kontekst***Wnętrza AI**Stany Zjednoczone* ↔

Interior AI oferuje platformę opartą na AI, która projektuje wnętrza, sugerując meble, style i układy w oparciu o istniejący kontekst. Pozwala użytkownikom natychmiast eksplorować różne scenariusze wyposażenia, zwiększając kreatywność i podejmowanie decyzji w projektach aranżacji wnętrz.

**Asystent projektowania wnętrza AI***RoomGPT**Stany Zjednoczone* ↔

RoomGPT wykorzystuje AI do generowania różnych alternatyw dla aranżacji wnętrz na podstawie zdjęć użytkowników, proponując nowe układy i style mebli. To szybkie i proste narzędzie pomaga właścicielom domów i profesjonalistom w wizualizacji różnych opcji wyposażenia bez konieczności ręcznego przeprojektowania.

**Platforma do przeprojektowania wnętrza oparta na sztucznej inteligencji***Wyobraź sobie dom na nowo**Kanada* ↔

REImagine Home wykorzystuje AI, aby oferować rozwiązania do redesignu wnętrz uwzględniające kontekst. Sugeruje meble, układy i style dostosowane do przestrzeni użytkownika, umożliwiając szybkie eksplorowanie różnych scenariuszy meblowych i wspierając świadome decyzje projektowe przy minimalnym wysiłku.

**Narzędzie AI do wyboru materiałów i wykończenia***Polaron AI**Wielka Brytania* ↔

Polaron AI specjalizuje się w doborze materiałów i wykończeń opartych na AI, optymalizując wybory na podstawie kryteriów estetycznych, technicznych i środowiskowych. Uzupelnia narzędzia do projektowania wnętrz, pomagając profesjonalistom wybrać najlepsze materiały do mebli i przestrzeni, poprawiając zrównoważony rozwój i jakość designu.

Generatywna sztuczna inteligencja do projektowania niestandardowego i szybkiego prototypowania



Przykłady



Kartell *Włochy*



Kolekcja mebli zaprojektowana przez zespół Kartell we współpracy z generatywną AI, eksplorująca nowe formy estetyczne i funkcjonalne poprzez współtworzenie człowieka i maszyny w projektowaniu produktów.



Studio Snoop *Australia*



Studio projektowe, w którym pracuje Tilly Talbot, wirtualna projektantka napędzana generatywną sztuczną inteligencją. Tilly współpracuje z zespołem ludzkim, tworząc nowe meble, w tym surrealistyczne stołki, które zostały wyprodukowane i wystawione w 2023 roku jako przykład współtworzenia między AI a projektantami.



StagenHome *Hiszpania*



Platforma oparta na generatywnej sztucznej inteligencji, która przekształca prawdziwe obrazy pustych przestrzeni w dekorowane propozycje w różnych stylach. Automatycznie generuje zarówno meble, jak i otoczenie, oferując realistyczne wizualizacje, które pozwalają użytkownikom eksplorować różne alternatywy projektowe w ciągu kilku sekund. Idealne do eksperymentowania z układami, stylami i wykończeniami bez konieczności ręcznego renderowania.



Wnętrza Juliettes *Wielka Brytania*



Firma, która ożywiła werbalne żądanie klienta poprzez proces współpracy zaczynający się od koncepcji generowanych przez AI. Zostały one opracowane w rysunki techniczne, a następnie wykonane przez wykwalifikowanych rzemieślników, co zaowocowało indywidualnym zestawem jadalnym, który łączył innowacje z praktycznym designem i wysoką jakością wykonania.



Meridiani *Włochy*



Platforma generatywnej AI w trakcie rozwoju dla projektowania wnętrz. Narzędzie tworzy spersonalizowane wizualizacje pomieszczeń w czasie rzeczywistym, pomagając projektantom i klientom przyspieszyć i uprościć początkowe etapy projektu, jednocześnie zachowując silny nacisk na personalizację, kreatywność i doświadczenie użytkownika.



HC28 Cosmo *Chiny*



Fotel TWISTY MINI autorstwa Rodericka Vosa na potrzeby HC28 COSMO został zainspirowany koncepcjami generowanymi przez AI. Jego ciągła forma pętli powstała z interpretacji generatywnych wizualizacji w fizyczny design. Ten rzeźbiarski obraz jest przykładem dialogu między sztuczną inteligencją a ludzką kreatywnością, przekładając abstrakcyjną, algorytmiczną estetykę na zabawowy, ergonomiczny mebel.



Paola Lenti *Włochy*



Kolekcja "Alma" Paoli Lenti z 2025 roku została współtworzona z Francisco Gomez Pazem, wykorzystując algorytmy generatywne. AI optymalizuje lekkie ramy ze stali nierdzewnej produkowane przez CNC, umożliwiając nieograniczone wymiary i zrównoważone siedzenia bez wyścietania, demonstrując personalizację na skalę przemysłową, krótsze cykle prototypowania oraz redukcję marnotrawstwa materiałów i energii.



13

1



2



3



4



Trudność implementacji: **Srednie**Opłacalność ekonomiczna: **Srednio-wysokie**

Systemy zarządzania wiedzą oparte na AI



Opis

Modele fundamentów stanowią jedną z najważniejszych innowacji w sztucznej inteligencji ostatnich dekad.

Przed ich pojawieniem się opracowanie rozwiązań AI do przetwarzania złożonych tekstów lub treści wymagało modeli treningowych od podstaw — kosztownego i czasochłonnego procesu. Dzięki swojej wszechstronności i elastyczności, modele podstawowe (takie jak GPT, PaLM, Claude) pozwalają firmom osiągać wymierne rezultaty przy niższych początkowych inwestycjach niż wymagane przy tradycyjnych projektach AI. Ułatwia to eksplorowanie rzeczywistych przypadków użycia bez konieczności nakładania znacznych zasobów na początku.

Duże modele językowe (LLM) w szczególności stały się kluczową technologią w krajobrazie modeli bazowych. Trenowane na ogromnych ilościach tekstu, modele te są zdolne do rozumienia, przetwarzania i generowania tekstów podobnych do człowieka, generowania spójnej treści i dostosowywania się do szerokiego zakresu kontekstów. W połączeniu z innymi technikami AI rozwiązania te umożliwiają szybką, konwersacyjną i dokładną interakcję z dokumentacją korporacyjną — niezależnie od formatu, w jakim jest przechowywana — i zmieniają sposób, w jaki organizacje zarządzają, zapytują i dzielą się wiedzą wewnętrzną. ¹

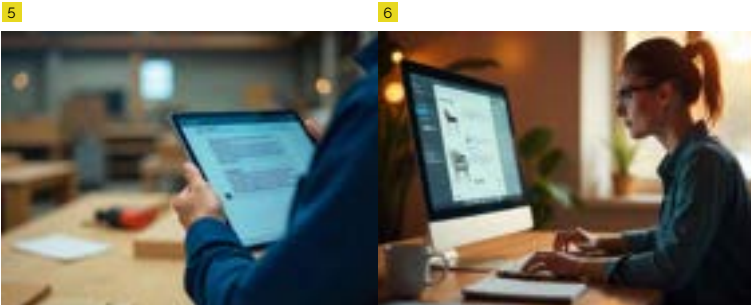
Wdrożenie tej technologii w sektorze meblowym i mieszkaniowym stanowi strategiczne narzędzie do optymalizacji zarządzania dokumentami, szkoleń wewnętrznych oraz zgodności z przepisami. LLM pozwalają na wyodrębnienie kluczowych informacji z podręczników, standardów, kart technicznych i innej dokumentacji, czyniąc wiedzę organizacyjną bardziej dostępną i kontekstualizowaną. To nie tylko skraca czas poszukiwania infor-

macji, ale także poprawia dokładność podejmowania decyzji i wspiera ciągłość operacyjną w zespołach. ² Jednym z najpotężniejszych sposobów zastosowania tej technologii są tzw. asystenci wiedzy: systemy konwersacyjne, które łączą się z wewnętrznymi źródłami informacji (bazy danych, dokumenty techniczne, intranety lub platformy chmurowe) i zwracają konkretne odpowiedzi dostosowane do kontekstu użytkownika. Asystenci ci pozwalają użytkownikom zapytania o procedury, przepisy produkcyjne lub specyfikacje techniczne produktu bez ręcznego sprawdzania każdego źródła informacji. Efektem jest płynne i naturalne doświadczenie, które ułatwia wdrożenie na wszystkich szczeblach organizacji, od pracowników produkcyjnych po menedżerów ds. jakości lub rozwoju produktu.

Rozwiązania te opierają się na skalowalnych infrastrukturach wykorzystujących API i usługi chmurowe, co ułatwia ich integrację z istniejącymi systemami i pozwala dostosować je do wielkości i dojrzałości cyfrowej każdej firmy. Są również zaprojektowane z użyciem człowieka w pętli, gdzie użytkownicy wchodzą w interakcję, weryfikują i dopracowują wyniki systemu. To nie tylko zwiększa dokładność i niezawodność odpowiedzi, ale także zapewnia, że rozwiązanie pozostaje zgodne z rzeczywistymi potrzebami zespołu — utrzymując równowagę między automatyzacją a nadzorem ludzkim. ³

Zastosowania w sektorze meblarskim są szerokie i konkretne: analiza dokumentów dla procesów projektowych lub produkcyjnych, wsparcie zgodności regulacyjnej w certyfikacjach produktów, wsparcie wewnętrzne w procesach zapewnienia jakości, a nawet zautomatyzowane wsparcie techniczne dla klientów i dystrybutorów. W środowisku, gdzie informacji jest obfito, lecz rozproszona, technologia ta stawia się jako kluczowy sojusznik w uczynieniu wiedzy korporacyjnej bardziej dostępną, uporządkowaną i użyteczną.

Jak zobaczymy w kolejnych sekcjach, wpływ tej technologii wykracza poza automatyzację: polega na jej zdolności do wspierania bardziej połączonej, efektywnej i opartej na wiedzy kulturze organizacyjnej.





Zastosowanie

Generatywna sztuczna inteligencja zastosowana w zarządzaniu wiedzą w sektorze meblarskim umożliwia firmom szybkie organizowanie, zapytania i wydobywanie informacji z złożonej dokumentacji biznesowej — takiej jak procedury wewnętrzne, podręczniki, protokoły zarządzania jakością czy szczegóły dotyczące przetargów publicznych — usprawniając pracę różnych ról w różnych działach. ⁴

Inteligentny dostęp do wiedzy korporacyjnej i jej organizacja

Generatywna AI działa jako pomost między działami takimi jak projektowanie, inżynieria, produkcja i sprzedaż, ułatwiając dostęp do kluczowych dokumentów: procedur wewnętrznych, instrukcji technicznych, instrukcji montażu i innych. To usprawnia transfer wiedzy między zespołami i przyspiesza wdrażanie, co jest szczególnie cenne dla firm meblarskich z skomplikowanymi procesami lub dużą rotacją personelu. Umożliwia również profilom administracyjnym lub zarządczym pozyskiwanie informacji bez polegania na personelu technicznym. ⁵

Asystent AI w Systemie Zarządzania Jakością

Zintegrowany z platformami jakości, asystent może pomagać w zapytaniach protokołów, dostępie do dokumentacji technicznej, lokalizowaniu podobnych incydentów lub pobieraniu rekordów niezgodności. Menedżerowie ds. jakości i technicy zakładów mogą dzięki temu optymalizować zarządzanie dokumentacją, redukować błędy oraz usprawniać procesy inspekcji, audytu i ciągłego doskonalenia.

Automatyczna analiza przetargów i kontraktów

Asystenci oparci na generatywnej sztucznej inteligencji mogą wyodrębnić i podsumowywać kluczowe informacje z przetargów publicznych lub złożonych umów — budżety, terminy, wymagania techniczne lub klauzule regulacyjne. Ta funkcjonalność jest szczególnie przydatna na stanowiskach takich jak menedżerowie zamówień, dyrektorzy komercyjni czy personel techniczny, którzy muszą szybko ocenić wykonalność propozycji bez konieczności ręcznego przeglądania obszernych dokumentów. ⁶

Analiza dokumentacji społecznej odpowiedzialności biznesu (CSR)

Systemy zarządzania wiedzą AI mogą automatycznie identyfikować istotne informacje w dokumentach dotyczących zrównoważonego rozwoju lub regulacji środowiskowych i społecznych. Wspierają działy jakości, zrównoważonego rozwoju lub zgodności w analizie

kluczowych wskaźników związanych z materiałami, warunkami pracy, emisjami, praktykami gospodarki o obiegu zamkniętym i innymi obszarami. Ułatwia to raportowanie i pomaga spełnić wymagania klientów lub certyfikacji.



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Poziom trudności zależy od sposobu wykorzystania technologii — od prostych zapytań za pomocą ChatGPT, które wymagają niewielkiej wiedzy technicznej, po zaawansowane rozwiązania związane z systemami wieloagentowymi, integracją z innymi technologiami i dopracowanymi promptami. Głębokie integracje z systemami takimi jak ERP czy CAD zwiększają zarówno złożoność, jak i koszty, a wdrożenie wymaga także zmiany kulturowej, w tym szkolenia zespołu i walidacji z udziałem człowieka. Aby zapewnić bezpieczne i skuteczne użytkowanie, firmy powinny rozważyć środki zarządzania danymi, takie jak kontrola dostępu, anonimizacja i szyfrowanie, oraz dostosować modele do specyficznego słownictwa, przeptywów pracy i standardów zgodności branży meblarskiej poprzez dopracowywanie, niestandardowe osadzenia lub wewnętrzną dokumentację.

Optymalność ekonomiczna: Średnio-wysokie

Wykorzystanie istniejących rozwiązań rynkowych, które łatwo łączą się z innymi narzędziami cyfrowymi za pośrednictwem standardowych systemów integracji, zapewnia dostępny punkt wejścia przy niskich kosztach początkowych. Inwestycje rosną, gdy wymagany jest wyższy stopień personalizacji lub integracji z systemami wewnętrznymi. W zamian narzędzia te znacząco zmniejszają czas i zasoby poświęcane na zadania ręczne, poprawiają podejmowanie decyzji i zwiększają efektywność operacyjną. Ponadto system jest skalowalny i adaptowalny do rozwoju organizacji oraz specyficznych potrzeb biznesowych.

Czynniki ludzkie

Wdrożenie asystentów wiedzy i narzędzi generatywnej AI zmienia sposób, w jaki zespoły uzyskują dostęp, zarządzają i konsultują informacje wewnętrzne. Automatyzując powtarzalne zadania — takie jak ręczne wyszukiwanie dokumentów, interpretacja przepisów czy przeglądanie procedur — rozwiązania te dają czas profesjonalistom na skupienie się na bardziej wartościowych działaniach: ciągłym doskonaleniu, analizie procesów, rozwiązywaniu złożonych problemów oraz podejmowaniu decyzji strategicznych. Ta redystrybucja

czasu wspiera bardziej efektywną i współpracującą kulturę, w której jednostki pełnią rolę nadzorców, tłumaczy i wzmacniaczy wiedzy organizacyjnej. Przechodzą od "wyszukiwarek informacji" do "kuratorów wiedzy", odgrywając kluczową rolę w poprawie jakości danych i gotowości do podjęcia decyzji.

Ponadto, poprzez upraszczanie dostępu do regulacji, podręczników i złożonych procedur poprzez interakcję w języku naturalnym, narzędzia te zwiększają dostępność poznawczą i pomagają integrować profile nietechniczne w kluczowych procesach zarządzania.

Jest to szczególnie cenne przy wdrażaniu nowych pracowników lub angażowaniu profili z działów HR, prawnych lub zrównoważonego rozwoju w sprawy techniczne.

Chociaż narzędzia te są zaprojektowane tak, by były intuicyjne, skuteczne wdrożenie wymaga uporządkowanych programów wdrożenia oraz warsztatów praktycznych dostosowanych do różnych ról.

Zespoły muszą być wyposażone w umiejętności obsługi promptów, techniki formułowania zapytań specyficzne dla danej dziedziny oraz zdolność krytycznej oceny treści generowanych przez AI.

Rozwijanie tych kompetencji nie tylko poprawia jakość interakcji z systemem, ale także wzmacnia autonomię użytkownika, dojrzałość cyfrową oraz współpracę międzyfunkcyjną.

Skuteczne wdrożenie generatywnej AI w przepływach wiedzy wymaga zmiany kulturowej — promowanej przez kierownictwo i HR — w kierunku ciągłego uczenia się, zaufania do współtworzenia człowieka i AI oraz zgodności z celami organizacyjnymi.

Oddani orędownicy AI, sieci uczenia się równieśniczego oraz przejrzysta komunikacja na temat możliwości i ograniczeń dodatkowo wspierają adopcję oprogramowania.

■ Czynniki środowiskowe

Asystenci wiedzy oparci na AI przyczyniają się do bardziej zrównoważonego zarządzania dokumentami, zmniejszając potrzebę drukowania instrukcji, raportów czy technicznych kart danych. Zapytania cyfrowe eliminują użycie papieru, materiałów oprawiających oraz fizycznych nośników danych, takich jak foldery, zewnętrzne dyski czy pendrive'y USB. Centralizacja informacji w środowiskach cyfrowych zmniejsza również zależność od drukarek i fizycznej pamięci masowej, obniżając zużycie energii i ślad środowiskowy w biurach i środowisku. Aktualizacje treści w czasie rzeczywistym, kontrola wersji oraz unikanie przestarzałych dokumentów poprawiają śledzenie i optymalizują wykorzystanie zasobów cyfrowych.

Rozwiązania te zmniejszają również powielanie wysiłku i materiałów, ułatwiając dostęp do istniejących wewnętrznych standardów, procedur lub raportów — oszczędzając czas i zasoby przy tworzeniu dokumentów. Warto jednak pamiętać, że uruchamianie modeli AI

zwiększa również zużycie energii, zarówno z procesów treningowych, jak i z bieżącego wykorzystania infrastruktury cyfrowej.

Faza szkoleniowa tych asystentów jest jednym z najbardziej obciążających aspektów środowiskowych. Trenowanie dużego modelu językowego (LLM), takiego jak GPT-4, wymaga miliardów parametrów i petabajtów danych tekstowych, co wymaga milionów godzin GPU w środowiskach wysokowydajnych obliczeń (HPC). Proces ten zużywa ogromne ilości energii elektrycznej i wody oraz generuje znaczne emisje dwutlenku węgla, zwłaszcza gdy jest zasilany przez sieci energetyczne oparte na paliwach kopalnych.

Sprzęt potrzebny do trenowania i uruchamiania tych modeli — taki jak GPU, TPU i serwery wspierające — jest również istotnym źródłem wpływu na środowisko, ponieważ komponenty te zależą od pierwiastków ziem rzadkich i krzemu o wysokiej czystości. Dodatkowo, tempo innowacji w sprzęcie AI prowadzi do krótkich cykli modernizacji, co potęguje problemy z wydobyciem i utylizacją zasobów (e-odpady).

Po wdrożeniu asystentów AI wymagają znacznych zasobów obliczeniowych, aby odpowiadać na zapytania użytkowników w czasie rzeczywistym. Systemy te są zazwyczaj hostowane na platformach chmurowych i centrach danych, co przyczynia się do rosnącego zapotrzebowania na energię elektryczną i wpływu sektora cyfrowego na środowisko. Ponadto asystenci AI polegają na przechowywaniu danych, ich pobieraniu i integracji w ramach rozległych baz wiedzy, co dodatkowo zwiększa zapotrzebowanie na infrastrukturę cyfrową.

Mimo to korzyści w postaci efektywności, cyfryzacji i ograniczonego uzależnienia od mediów fizycznych częściowo rekompensują ten wpływ, zwłaszcza gdy stosuje się najlepsze praktyki, a organizacje przechodzą w kierunku energooszczędnych środowisk technologicznych.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Rozwiązania oparte na generatywnej sztucznej inteligencji muszą być zgodne z Ogólnym Rozporządzeniem o Ochronie Danych (RODO) i mogą wspierać wdrażanie takich standardów jak ISO 9001 (Systemy zarządzania jakością), ISO 14001 (Zarządzanie środowiskiem) oraz ISO 26000 (Odpowiedzialność społeczna). Promują bardziej efektywne, bezpieczne i możliwe do śledzenia zarządzanie wiedzą, zapewniając kontrolę dostępu, przejrzystość oraz zgodność z wartościami korporacyjnymi oraz systemami zarządzania stosowanymi w sektorze.



Rozwiązania



Brief przetargowy – System zarządzania przetargami

Sciling

Hiszpania ↔

Bidbrief to rozwiązanie opracowane przez Sciling, które wykorzystuje agentów AI do analizy specyfikacji przetargowych i dokumentacji technicznej. To narzędzie może wspierać firmy produkcyjne w przyspieszaniu podejmowania decyzji dotyczących udziału w przetargach lub innych procesach zamówień publicznych i finansowania.



Inteligencja dokumentów

SambaNova

Stany Zjednoczone ↔

SambaNova Document Intelligence wykorzystuje generatywną i konwencjonalną sztuczną inteligencję, aby zapewnić konwersacyjny dostęp do dokumentów technicznych i operacyjnych. Pomaga firmom meblarskim analizować, klasyfikować i zapytywać przepisy, podręczniki i faktury, automatyzując przepływy dokumentów oraz wspierając personel techniczny na miejscu, aby poprawić zgodność i skrócić czas zapytań.



Inteligentne przetwarzanie dokumentów (IDP)

Appian

Stany Zjednoczone ↔

Inteligentne przetwarzanie dokumentów Appian łączy technologie AI, aby zautomatyzować ekstrakcję, klasyfikację i zapytania do dokumentacji technicznej, takiej jak SOP, podręczniki i karty katalogowe. Jego integracja z systemami korporacyjnymi zwiększa efektywność operacyjną, umożliwiając szybsze wsparcie wewnętrzne i zapewniając zgodność z przepisami w branży meblarskiej.



Squint.ai Pilot drugi

Squint.ai

Stany Zjednoczone ↔

Squint.ai Copilot wykorzystuje połączenie generatywnej i tradycyjnej AI, aby umożliwić konwersacyjną interakcję z dokumentami technicznymi i operacyjnymi. Umożliwia szybkie pobieranie i weryfikację danych dla przepływów pracy w sektorze meblarskim, automatyzując analizę dokumentów oraz zapewniając wsparcie na miejscu dla pracowników, poprawiając zgodność i zmniejszając obciążenie pracą manualną.



Eddy (zarządzanie wiedzą oparte na AI)

Document360

Wielka Brytania ↔

Eddy by Document360 wykorzystuje generatywną sztuczną inteligencję oraz asystentów konwersacyjnych, aby zwiększyć dostęp do wiedzy wewnętrznej. Umożliwia szybkie zapytania do dokumentów technicznych, regulacji i procedur, wspierając onboarding, rozwiązywanie problemów oraz zgodność w sektorach meblarskim i produkcyjnym, co poprawia zarządzanie wiedzą i efektywność operacyjną.



Asystent AI Navex

Navex

Stany Zjednoczone ↔

Navex AI Assistant wykorzystuje AI, aby usprawnić dostęp do dokumentów związanych z zgodnością oraz wiedzy wewnętrznej. Wspiera firmy meblarskie w poruszaniu się po przepisach i standardach jakości, ułatwiając szybsze rozwiązywanie problemów, wdrażanie pracowników oraz zapewnienie przestrzegania wewnętrznych polityk poprzez interakcje konwersacyjne AI.



Platforma wiedzy oparta na AI

Sinequa

Francja ↔

Sinequa oferuje platformę wiedzy opartą na AI, która wykorzystuje generatywną AI do zapewnienia szybkiego i kontekstowego dostępu do informacji korporacyjnych. Pomaga firmom z branży meblarskiej szybko zapytać dokumenty techniczne i dane wewnętrzne, przyspieszając podejmowanie decyzji oraz poprawiając zgodność i wymianę wiedzy między zespołami.



Wyszukiwanie wiedzy AI i wglądy

Mindbreeze

Austria ↔

Mindbreeze dostarcza analizy wyszukiwania i wiedzy oparte na AI, umożliwiając firmom dostęp do dokumentów technicznych, regulacji i procedur oraz ich analizę. Asystenci konwersacyjny poprawiają wewnętrzne wyszukiwanie wiedzy, wspierając procesy wdrożenia i zgodności w produkcji mebli i branżach pokrewnych.



Platforma Zarządzania Wiedzą AI

Zive

Stany Zjednoczone ↔

Zive integruje generatywną sztuczną inteligencję oraz narzędzia konwersacyjne, aby ułatwić szybki dostęp do wiedzy wewnętrznej i dokumentów. Wspiera firmy z branży meblarskiej, poprawiając efektywność wyszukiwania informacji, wspomagając rozwiązywanie problemów, przestrzeganie zgodności oraz usprawnienie procesu wdrożenia.

**Platforma wiedzy Thron AI***Tron**Włochy* ⇄

Platforma AI Thron usprawnia zarządzanie wiedzą, umożliwiając natychmiastowy dostęp do dokumentów firmowych, umów i procedur. Asystenci AI pomagają profesjonalistom z branży meblarskiej szybko znaleźć istotne informacje, zapewniając zgodność i wspierając efektywność operacyjną dzięki inteligentnej organizacji danych.

**Zarządzanie wiedzą Guru***Guru**Stany Zjednoczone* ⇄

Guru wykorzystuje AI oraz asystentów konwersacyjnych do usprawnienia wymiany i wyszukiwania wiedzy w organizacjach. Umożliwia firmom meblarskim natychmiastowy dostęp do dokumentów technicznych, regulacji i najlepszych praktyk, co ułatwia wdrażanie, rozwiązywanie problemów oraz zgodność ze standardami jakości.

**Platforma AI do pracy***Zbieranie**Stany Zjednoczone* ⇄

Platforma Work AI firmy Glean's wykorzystuje generatywną sztuczną inteligencję, aby zapewnić konwersacyjny dostęp do wiedzy korporacyjnej. Pomaga profesjonalistom z branży meblarskiej szybko znaleźć dokumenty, regulacje i procedury, wspierając efektywne wdrażanie, zgodność i komunikację wewnętrzną dzięki płynnemu odkrywaniu informacji.

**Platforma AI SquirroGPT***Squirro**Szwajcaria* ⇄

SquirroGPT łączy generatywną sztuczną inteligencję i analitykę danych, aby usprawnić zarządzanie wiedzą. Zapewnia firmom z branży meblarskiej dostęp do wewnętrznej dokumentacji i informacji, usprawniając zgodność, wsparcie techniczne i podejmowanie decyzji poprzez szybkie i kontekstowe ujawnianie istotnych informacji.

**Dynamiczny wykres ekspertyzy***Gwiezdny umysł**Szwajcaria* ⇄

Starmind buduje dynamiczne wykresy ekspertyz, analizując komunikację z e-maili, Jiry i Teams, aby kierować wewnętrznymi pytaniami do właściwych ekspertów. Szeroko stosowany w produkcji i badaniach i rozwoju, przyspiesza rozwiązywanie problemów i wymianę wiedzy, jednocześnie zapewniając zgodność z RODO, co wspiera przepływy pracy w sektorze meblarskim.

**Platforma Einstein 1***Salesforce**Stany Zjednoczone* ⇄

Salesforce Einstein 1 integruje AI z firmowymi danymi i przepływami pracy, wykorzystując narzędzia low-code. Automatyzuje zadania i dostarcza spersonalizowane informacje, zwiększając efektywność sprzedaży i zarządzania wiedzą. Firmy meblarskie korzystają z usprawnionych procesów i zwiększonego zaangażowania klientów dzięki łączności danych opartej na AI.

**Zoho CRM z Zia AI***Zoho**Indie* ⇄

Zoho CRM oparty na Zia AI przewiduje wyniki leadów, sugeruje optymalne czasy kontaktu, generuje spersonalizowane wiadomości i dostarcza raporty o wynikach. Ten komputer CRM wspomagany przez AI pomaga zespołom sprzedaży w sektorze meblowym zwiększać efektywność, obniżyć koszty operacyjne oraz usprawnić zarządzanie relacjami z klientami dzięki automatyzacji opartej na danych.

**Open-Source framework do tworzenia AI***LangChain**N/A (open-source)* ⇄

LangChain to otwartoźródłowy framework, który umożliwia firmom budowanie, dostosowywanie i integrację aplikacji AI z większą kontrolą nad danymi i przepływami pracy. Wspiera rozwój zaawansowanych modeli językowych i narzędzi AI, pomagając organizacjom ograniczać uwiązanie do dostawców i wspierać innowacje wewnętrzne.

**Open-Source NLP Framework***Stog siana**N/A (open-source)* ⇄

Haystack to otwartoźródłowy framework NLP zaprojektowany do budowania skalowalnych systemów wyszukiwania dokumentów i odpowiadania na pytania. Pozwala firmom tworzyć konfigurowalne rozwiązania AI dla głębokiego zrozumienia dokumentów, zmniejszając zależność od dostawców komercyjnych i umożliwiając dopasowaną integrację z istniejącą infrastrukturą IT.

Systemy zarządzania wiedzą oparte na AI



Otwarty model językowy dużych zasobów

LLaMA

N/A (open-source) ↻

LLaMA, opracowany przez Meta AI, to otwarty model językowy o dużym znaczeniu, który umożliwia organizacjom uruchamianie zaawansowanego przetwarzania języka AI na własnej infrastrukturze. Oferuje elastyczność, zwiększoną ochronę prywatności danych oraz możliwości personalizacji, aby zmniejszyć zależność od komercyjnych dostawców AI.



Otwarty model językowy dużych zasobów

Mistral

N/A (open-source) ↻

Mistral to otwarty model językowy o dużym znaczeniu, skupiony na dostarczaniu potężnych możliwości rozumienia języka. Wspiera przedsiębiorstwa poszukujące konfigurowalnych narzędzi AI z pełną kontrolą nad danymi i procesami AI, minimalizując ryzyko uwięzienia dostawców i wspierając innowacje.



Silnik generowania z dodatkiem wyszukiwania (RAG)

RAGFlow

Chiny ↻

RAGFlow to silnik open source specjalizujący się w generowaniu rozszerzonym na wyszukiwanie, umożliwiający dogłębne zrozumienie złożonych dokumentów, takich jak PDF-y, obrazy i bazy danych. Dostarcza odpowiedzi AI oparte na cytowaniach i płynnie integruje się z przepływami pracy biznesowymi dzięki intuicyjnym API, umożliwiając firmom zarządzanie wiedzą z pełną kontrolą nad danymi.



Przykłady



IKEA

Szwecja

↻

IKEA AI Assistant (ChatGPT) i Kreativ: IKEA łączy konwersacyjną sztuczną inteligencję z immersyjnymi narzędziami projektowymi, aby poprawić doświadczenie klienta. Jego AI Assistant (oparty na ChatGPT) pomaga użytkownikom i pracownikom w kwestiach produktów, rekomendacjach mebli oraz poradach dotyczących dekoracji, oferując szybki dostęp do informacji technicznych i komercyjnych. Równoległe, IKEA Kreativ umożliwia klientom samodzielne skanowanie przestrzeni, usuwanie istniejących mebli oraz praktyczne ustawianie produktów IKEA w rzeczywistej skali i oświetleniu. Wykorzystując AI, skanowanie 3D i AR, narzędzie tworzy edytowane modele pomieszczeń, które wspierają realistyczne i spersonalizowane decyzje projektowe.



Wayfair

Stany Zjednoczone

↻

Agent Copilot: Wewnętrzny asystent napędzany generatywną AI, który natychmiast odpowiada pracownikom sprzedaży i wsparcia klienta na temat produktów, polityk i alternatyw — zwiększając efektywność i jakość wsparcia.



Freedom Furniture – centrum merchandisingowe oparte na sztucznej inteligencji Coveo

Australia

↻

Freedom Furniture wykorzystuje centrum merchandisingowe Coveo oparte na AI, aby usprawnić odkrywanie produktów i usprawnić zarządzanie wiedzą. To rozwiązanie łączy sztuczną inteligencję z ręcznym sterowaniem, umożliwiając firmie efektywne zarządzanie informacjami o produktach i poprawę doświadczenia klienta poprzez intuicyjne wyszukiwanie i spersonalizowane rekomendacje.



Steelcase – "Onboarding AI"

Stany Zjednoczone



Wykorzystuje Salesforce Einstein do jednoczenia danych w Herman Miller, Knoll i DWR; AI poleca produkty i prezentuje analizy z różnych marek, poprawiając obsługę klienta i decyzje dotyczące merchandisingu.



Qatalog

Wielka Brytania



Narzędzie do zarządzania wiedzą, które wykorzystuje sztuczną inteligencję, umożliwiając zespołom wyszukiwanie i uzyskiwanie odpowiedzi w czasie rzeczywistym ze wszystkich korporacyjnych źródeł (np. dokumentów, narzędzi, aplikacji) bez kopiowania czy przenoszenia danych. Działa jako asystent konwersacyjny, który łączy informacje bezpośrednio ze źródłem, zapewniając bezpieczeństwo, dokładność i stałe aktualizacje.



Pamięć Netguru

Polska



Baza wiedzy oparta na sztucznej inteligencji rozwijana wewnętrznie jako scentralizowane repozytorium, które przechowuje, organizuje i dzieli się wiedzą w ramach firmy. Narzędzie wykorzystuje sztuczną inteligencję i uczenie maszynowe, aby szybko przeszukiwać ogromne bazy danych i tworzyć studia przypadków generowane przez AI do celów wewnętrznych i zewnętrznych.



HomeDepot

Stany Zjednoczone



Magic Apron to zestaw narzędzi generatywnej AI Home Depot, wspierający klientów przy projektach remontowych domów. Dostępny w ich aplikacji i na stronie internetowej, opiera się na własnej wiedzy łączącej zbiory danych z ekspertyzą Home Depot. Odpowiada na pytania dotyczące produktów, podsumowuje recenzje i pełni rolę cyfrowego pracownika sklepu.

Optimalizacja procesów marketingowych i sprzedaży z wykorzystaniem generatywnej sztucznej inteligencji: automatyzacja i personalizacja treści



Opis

Generatywna sztuczna inteligencja stosowana do automatyzacji i personalizacji treści łączy modele tekstowe, obrazowe, audio i wideo trenowane na dużych ilościach danych, aby generować nowe treści na podstawie prostych instrukcji lub danych kontekstowych. Technologie te wyewoluowały z modeli podstawowych, takich jak GPT, Stable Diffusion, oraz narzędzi do syntezy wideo, takich jak Synthesia, i stanowią jeden z najbardziej aktywnych obszarów rozwoju w marketingu i komunikacji cyfrowej. Jednak mimo swojego potencjału, technologie te budzą również istotne obawy. Jednym z głównych wyzwań jest jakość i wiarygodność generowanych treści, ponieważ modele generatywne często wprowadzają nieścisłości lub tzw. "halucynacje" — prawdopodobne, ale błędne wyniki, które mogą podważyć zaufanie. Dodatkowo, wykorzystanie zewnętrznych zbiorów danych do trenowania tych modeli wywołało debatę na temat praw autorskich i własności intelektualnej, zwłaszcza gdy generowana treść powiela lub jest inspirowana chronionymi dziełami bez wyraźnego przypisania autorstwa czy licencji. Firmy powinny być świadome, że modele trenowane na obrazach/tekście objętych prawem autorskim mogą generować dzieła pochodne i narażać się na roszczenia o naruszenie praw.

W kontekście sektora meblarskiego technologia ta umożliwia automatyczne generowanie postów w mediach społecznościowych, tekstów reklamowych, katalogów wizualnych, filmów produktowych oraz spersonalizowanych wiadomości tekstowych lub audio dostosowanych do różnych profili klientów, języków lub preferencji. Narzędzia takie jak ChatGPT/DALL·E, Stable Diffusion, Runway lub Synthesia mogą być wykorzystywane do tworzenia kreatywnych, spójnych i wizualnie efektywnych zasobów do kampanii marketingowych. Ponadto ta automatyzacja umożliwia testy A/B na dużą skalę, dostosowanie kreacji do konkretnych rynków oraz

1

2

3

4



Trudność implementacji: **Średnie**Opłacalność ekonomiczna: **Srednio-wysokie**

Optymalizacja procesów marketingowych i sprzedaży z wykorzystaniem generatywnej sztucznej inteligencji: automatyzacja i personalizacja treści

szybkie reagowanie na zmiany trendów lub preferencji estetycznych. **1**

Jednym z najbardziej strategicznych zastosowań generatywnej AI w marketingu i sprzedaży jest tworzenie dopasowanych treści multimedialnych — tekstu, obrazów, wideo lub audio — opartych na analizie trendów wizualnych, stylów i linii produktowych. Systemy te zostały zaprojektowane tak, aby wykrywać wzorce stylistyczne w bazach danych produktów, mediach społecznościowych, targach lub materiałach wewnętrznych oraz składać je na propozycje zgodne z wizualną tożsamością marki i preferencjami docelowej grupy odbiorców.

Pozwala to na generowanie bardzo istotnych i elastycznych treści dla różnorodnych kontekstów komercyjnych. Ponadto generatywna sztuczna inteligencja napędza nowe formy interakcji z klientami poprzez komercyjne treści w dynamicznych interfejsach, takich jak immersyjne doświadczenia, rekomendacje wizualne czy interaktywne katalogi. Rozwiązania te prezentują produkty, odpowiadają na najczęściej zadawane pytania lub prowadzą klientów przez proces podejmowania decyzji w sposób wizualny, zwinny i kontekstowy, wzbogacając doświadczenie w kanałach cyfrowych. **2**

Z perspektywy strategicznej te możliwości pozwalają markom meblowym zwiększyć widoczność, budować silniejsze emocjonalne więzi z klientami oraz poprawiać intencje zakupowe poprzez przekonujące, kreatywne i spersonalizowane treści. Co więcej, centralizując kontrolę nad stylem i przekazem w jednym narzędziu, marki mogą zapewnić spójną produkcję materiałów w różnych formatach i kanałach, wzmacniając postrzeganą wartość marki. **3**

Kluczową zaletą tej technologii jest integracja ze standardowymi narzędziami marketingowymi i sprzedażowymi, takimi jak menedżery treści, platformy automatyzacji, edytory wizualne czy CRM. Pozwala to na włączenie generatywnej sztucznej inteligencji do istniejących procesów w procesach komercyjnych w branży meblarskiej, bez konieczności radykalnych zmian w obecnych strukturach, zachowując kontrolę twórczą i wykorzystując siłę automatyzacji.

Jak pokażą poniższe sekcje, te rozwiązania stają się kluczowymi narzędziami do wzmacniania kreatywności w procesach sprzedaży, poprawy doświadczenia klienta oraz wzmacniania konkurencyjności sektora meblowego w coraz bardziej dynamicznym środowisku cyfrowym.



Zastosowanie

Integracja generatywnej sztucznej inteligencji z procesami marketingowymi i sprzedażowymi w sektorze meblowym umożliwia automatyzację i skalowanie kluczowych zadań w wysoce spersonalizowany i efektywny sposób. Poniżej przedstawiono główne zastosowania:

Tworzenie, zarządzanie i strategia spersonalizowanych treści

Zespoły marketingowe mogą automatycznie generować materiały wizualne, tekstowe i audiowizualne dostosowane do różnych profili klientów, kanałów i kontekstów komercyjnych. Na podstawie prostych promptów, przewodników stylowych marki lub wizualnych analiz linii stylowych, trendów produktowych czy kampanii konkurencji można tworzyć treści zgodne ze strategicznymi celami każdej kampanii. Te informacje mogą być również wykorzystane do redefiniowania pozycjonowania, dostosowania trwających kampanii lub identyfikacji szans rynkowych przed konkurencją. Narzędzia te zapewniają spójność wizualną i narracyjną bez nadmiernego obciążania zasobów ludzkich. Jednak skuteczność treści powinna być nieustannie oceniana za pomocą analityki, dostarczając wglądów w inżynierię prompt lub dopracowywanie modeli, aby zapewnić trwałą aktualność kampanii.

Pomimo automatyzacji procesów, każda optymalizacja musi być weryfikowana przez zespół pod względem języka, spójności wizualnej oraz zgodności z wartościami korporacyjnymi. Ryzyko polega na tym, że dodatkowy nakład pracy związany z kontrolą jakości częściowo niweluje oczekiwane oszczędności czasu. Chociaż AI może tworzyć treści zgodne z promptami i wytycznymi, często brakuje jej kreatywnej, emocjonalnej czy kulturowej głębi, jaką może zaoferować ludzki zespół. Ryzyko polega na tym, że automatycznie generowane treści mogą być postrzegane jako "płaskie" lub stereotypowe, co zmniejsza wyróżnianie marki. **4**

Automatyzacja procesów kampanii i marketingu

Integrując się z platformami e-mail marketingu, CRM-ami lub mediami społecznościowymi, możliwe jest projektowanie zautomatyzowanych procesów komunikacyjnych z dynamicznie generowanymi wiadomościami. Generatywna AI może pisać spersonalizowane e-maile, tworzyć posty dostosowane do każdej platformy oraz

Optimalizacja procesów marketingowych i sprzedaży z wykorzystaniem generatywnej sztucznej inteligencji: automatyzacja i personalizacja treści

segmentować wiadomości na podstawie wcześniej przeanalizowanych zachowań odbiorców. Ponadto wirtualni asystenci mogą oferować natychmiastowe i spersonalizowane wsparcie, odpowiadając na najczęściej zadawane pytania oraz prowadzić klientów przez proces podejmowania decyzji. Korzystanie z wirtualnych asystentów wiąże się również z kwestiami regulacyjnymi. Zgodnie z RODO użytkownicy powinni być informowani podczas korzystania z AI, a wszelkie przetwarzane dane osobowe muszą spełniać wymogi przejrzystości i zgody.

Wiele rozwiązań (np. dla postów społecznościowych, kart produktów czy katalogów) opiera się na standaryzowanych układach, co grozi standaryzacją wizualnej komunikacji marek. To prowadziłoby do utraty oryginalności i zamieszania z konkurentami używającymi tych samych narzędzi. ⁵

Ciągła optymalizacja kampanii i treści

Dzięki zautomatyzowanej analizie wskaźników efektywności (wskaźniki kliknięć, zaangażowanie, konwersje itp.) modele generatywne mogą sugerować korekty w czasie rzeczywistym, aby zwiększyć skuteczność kampanii. Obejmuje to sugestie dotyczące redesignu kreacji, modyfikacje tekstów reklamowych lub zmiany częstotliwości dystrybucji i kanałów. Możliwość przeprowadzania na dużą skalę, zautomatyzowanych testów A/B zwiększa podejmowanie decyzji opartych na danych i wspiera ciągłe uczenie się w zespole.

Przyspieszenie produkcji zasobów marketingowych

Automatyczne generowanie tekstów reklamowych, kart produktów, kreacji wizualnych i zasobów audiowizualnych umożliwia produkcję treści na skalę bez kompromisów w jakości. Ta zdolność jest szczególnie cenna w dynamicznie zmieniających się środowiskach kampanii lub na rynkach wielojęzycznych, wielokrajowych, gdzie dostosowywanie treści w różnych językach i regionach może być zautomatyzowane, jednocześnie utrzymując spójność marki. Zamiast zastępować kreatywnych profesjonalistów, generatywna AI najlepiej rozumieć jako narzędzie zwiększające ich możliwości. Wkład ludzki pozostaje niezbędny do kierowania, nadzorowania i udoskonalania wyników, zapewniając istotność, dokładność i zgodność z wartościami marki. Współpraca między ludźmi a maszynami pozwala twórcom treści, projektantom i strategom marketingowym skupić się na zadaniach o wyższej wartości, łącząc automatyzację ze strategiczną kreatywnością. ⁶



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Złożoność implementacji zależy od wybranego rozwiązania. Integracja gotowych narzędzi z gotowymi funkcjami jest zazwyczaj prosta, podczas gdy niestandardowe rozwiązania czy złożone integracje wymagają większego wysiłku technicznego. Dodatkowo, sukces zależy od kształtowania kultury nastawionej na dane i wyniki, efektywnego zarządzania źródłami informacji oraz integracji AI z istniejącymi systemami marketingowymi i sprzedażowymi. Dostosowanie zespołów do nowych procesów i przepływów pracy stanowi również ważne wyzwanie organizacyjne.

Opłacalność ekonomiczna: Średnio-wysokie

Koszt wdrożenia zależy od poziomu dostosowania i integracji potrzebnej. Przystępne cenowo opcje są dostępne dzięki usługom chmurowym oraz subskrypcjom SaaS, co pozwala firmom zacząć od umiarkowanych inwestycji. Im większy stopień segmentacji i automatyzacji, tym wyższy potencjalny zwrot z inwestycji. Jednak duże projekty lub złożone integracje (np. z CRM, CMS lub systemami wewnętrznymi) zwiększają koszty początkowe, choć mogą również prowadzić do poprawy konkurencyjności w dłuższej perspektywie.

Czynniki ludzkie

Wdrożenie generatywnej sztucznej inteligencji w marketingu i sprzedaży może znacząco poprawić doświadczenie zespołowe, uwalniając je od powtarzalnych zadań, takich jak pisanie treści promocyjnych czy ręczne tworzenie kreacji. Ta automatyzacja pozwala profesjonalistom skupić się na strategicznych decyzjach, a przede wszystkim na twórczej pracy o wyższej wartości — tworząc kulturę współtworzenia, w której człowiek kuratoruje, waliduje i nadzoruje treści generowane przez AI.

Ta zmiana zwiększa satysfakcję z pracy i pozwala specjalistom ds. komunikacji skupić się na opowiadaniu historii, budowaniu marki i innowacjach rynkowych.

Aby ta transformacja była skuteczna, musi być wspierana kompleksową strategią podnoszenia kwalifikacji, która wyposaża zespoły w korzystanie z tych narzędzi, udoskonalanie efektów, utrzymanie spójności marki oraz proaktywny udział w zmieniającym się środowisku cyfrowym. Obejmuje to szkolenia z zakresu prompt engineeringu, etycznego generowania treści, bezpiecznych dla marki adaptacji oraz umiejętności analizy danych w optymalizacji kampanii.

Jednocześnie ważne jest, aby pamiętać, że nadmiar automatycznie generowanych treści może prowadzić do zmęczenia wyborem, obniżyć trafność przekazu lub osłabić wyróżnienie marki, jeśli nie jest stosowany z rozwagą.

Wzmacnianie oceny redakcyjnej oraz wdrażanie ram zarządzania treścią pomagają filtrować wyniki i zapewniać zgodność z celami kampanii.

Zachęcanie do krytycznego zaangażowania w treści generowane przez AI sprzyja celowemu wyborowi i chroni tożsamość marki przed generycznymi lub niedopasowanymi wynikami.

Podobnie, dostosowanie tych technologii do wartości i celów organizacji zapewnia wdrożenie etyczne, przejrzyste i zgodne z społeczną odpowiedzialnością sektora.

W praktyce oznacza to zaangażowanie działów marketingu, prawnych i HR w wdrożenie AI, zapewnienie przejrzystości w korzystaniu z narzędzi oraz wyjaśnienie roli AI w tworzeniu treści zarówno zespołom, jak i odbiorcom.

■ Czynniki środowiskowe

Wykorzystanie generatywnej sztucznej inteligencji w marketingu i sprzedaży może znacząco przyczynić się do trwałości operacyjnej firm meblarskich. Dzięki lepszej segmentacji odbiorców i możliwości generowania spersonalizowanych materiałów bez fizycznych sesji zdjęciowych możliwe staje się ograniczenie produkcji i dystrybucji drukowanych katalogów, broszur czy materiałów promocyjnych, które często pozostają nieużywane. Ta efektywność nie tylko zmniejsza zużycie papieru, opakowań i nośników fizycznych, ale także skraca czas i koszty związane z organizacją złożonych produkcji.

Co więcej, prezentowanie produktów wirtualnie oraz generowanie treści wizualnych i audiowizualnych bez konieczności podróży zmniejsza ślad węglowy związany z podróżami służbowymi lub udziałem w wydarzeniach promocyjnych — co jest szczególnie istotne w sektorze, gdzie cykle komercyjne często wymagają intensywnej mobilności. Scentralizowane cyfrowe przepływy pracy, poprzez platformy połączone z narzędziami takimi jak CRM czy CMS, dodatkowo minimalizują potrzebę infrastruktury fizycznej i materiałów, wspierając bardziej zwinną i zrównoważoną strategię komunikacji.

Mimo to, choć te korzyści są jasne, wdrożenie tych narzędzi musi być spójne i unikać greenwashingu. W kontekście, gdy wizualizacje generowane przez AI mogą wydawać się zrównoważone ze względu na swój cyfrowy charakter, ważne jest, aby wziąć pod uwagę koszty

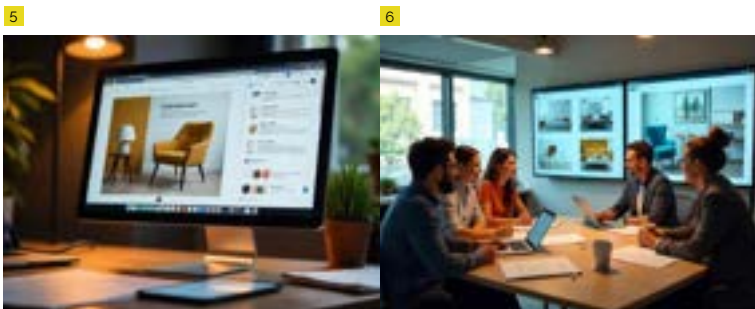
środowiskowe infrastruktury, która je zasila — szczególnie w systemach generatywnych opartych na chmurze. Chociaż firmy meblarskie zazwyczaj korzystają z gotowych, gotowych do wdrożenia rozwiązań AI, nadal opierają się na dużych modelach hostowanych w energochłonnych globalnych centrach danych. Trening i ciągła eksploatacja takich modeli wymagają dużej mocy obliczeniowej, z częstymi procesami wnioskowania, personalizacji oraz algorytmami rekomendacyjnymi działającymi na dużą skalę. Wiąże się to ze znacznym zużyciem energii i wody.

Sprzęt również odgrywa rolę: GPU, TPU i niestandardowe układy AI niezbędne do generowania treści w czasie rzeczywistym są zbudowane z rzadkich materiałów, takich jak kobalt czy neodym, których wydobycie niesie ze sobą ryzyko środowiskowe i społeczne. Ponadto ciągłe wymagania dotyczące wydajności prowadzą do częstych aktualizacji sprzętu, co przyczynia się do odpadów elektronicznych.

Aby zapewnić realne korzyści ze zrównoważonego rozwoju, firmy meblarskie powinny faworyzować dostawców technologii z jasnymi strategiami efektywności energetycznej, polityką odpowiedzialnego pozyskiwania oraz przejrzystym raportowaniem wpływu na środowisko — łącząc swoje działania komunikacyjne z rzeczywistymi, mierzalnymi działaniami.

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Rozwiązania generatywnej AI wykorzystywane w marketingu i sprzedaży muszą być zgodne z Ogólnym Rozporządzeniem o Ochronie Danych (RODO), zwłaszcza gdy dane osobowe są wykorzystywane do segmentacji lub personalizacji. Muszą one również być zgodne z wymogami przejrzystości Europejskiej Ustawy o AI, która nakazuje identyfikację treści generowanych przez AI, gdy wpływają one na decyzje lub postrzeganie konsumentów. Ponadto należy zagwarantować poszanowanie praw autorskich oraz spójność z wartościami etycznymi i komunikacyjnymi firmy.



Optymalizacja procesów marketingowych i sprzedaży z wykorzystaniem generatywnej sztucznej inteligencji: automatyzacja i personalizacja treści



Rozwiązania



Hiperrealistyczne sceny stylu życia generowane przez AI

Sceny

Dania ↔

Sceny wykorzystuje AI do tworzenia hiperrealistycznych scen lifestyle'owych dla branży meblarskiej, eliminując potrzebę tradycyjnych sesji zdjęciowych. Ich rozwiązanie pomaga markom tworzyć wszechstronne, atrakcyjne prezentacje produktów, które wzbogacają materiały marketingowe i cyfrowe prezentacje efektywnie i optymalnie.



Testowanie reklam i ocena kampanii oparte na sztucznej inteligencji

Kantar

Wielka Brytania ↔

Platforma Testowania Reklam oparta na AI Kantar przewiduje skuteczność filmów i banerowych reklam przed premierą. To narzędzie pomaga producentom i markom optymalizować kampanie oparte na danych spożywczych, skracając czas walidacji kreatywnej i poprawiając wpływ reklamy dla lepszych rezultatów marketingowych.



Platforma generowania wizualnego oparta na AI

Presti.ai

Francja ↔

Presti.ai oferuje platformę opartą na sztucznej inteligencji, która generuje hiperrealistyczne obrazy lifestyle'owe do prezentacji produktów meblowych. Umożliwia to markom tworzenie atrakcyjnych treści wizualnych bez fizycznych sesji zdjęciowych, wspierając kampanie marketingowe z uniwersalnymi, fotorealistycznymi obrazami, które angażują klientów na różnych kanałach cyfrowych.



Tworzenie i optymalizacja kampanii multimodalnych opartych na AI

Agenci łuków krojów pisma

Stany Zjednoczone ↔

Agenci Arc Krojów Krojów działają jako inteligentni, zawsze aktywni współpracownicy, którzy opracowują, tworzą i optymalizują multimodalne kampanie marketingowe. Dbają o to, by teksty i obrazy były zgodne z wytycznymi marki, zwiększając kreatywność i skuteczność kampanii dzięki zarządzaniu treścią opartym na AI.



Sceny wnętrza generowane przez AI

Freepik

Hiszpania ↔

Freepik oferuje wygenerowane przez AI sceny wnętrza idealne do katalogów, mediów społecznościowych i kampanii reklamowych. Ich bogata biblioteka fotorealistycznych wizualizacji wspiera firmy meblarskie w szybkim tworzeniu atrakcyjnych treści marketingowych, pomagając markom zwiększyć zaangażowanie klientów i atrakcyjnie prezentować produkty.



Automatyczne generowanie reklam wizualnych i tekstów

AdCreative.ai

Francja ↔

AdCreative.ai wykorzystuje AI do automatycznego generowania reklam wizualnych, tekstów promocyjnych oraz postów w mediach społecznościowych dostosowanych do różnych formatów i grup docelowych. Usprawnia procesy marketingowe, pomagając markom szybko tworzyć skuteczne, angażujące kampanie, jednocześnie dostosowując treści dla maksymalnego efektu.



Platforma do tworzenia treści AI

Jasper

Stany Zjednoczone ↔

Jasper to platforma oparta na sztucznej inteligencji, która automatyzuje tworzenie tekstów promocyjnych, reklam i treści w mediach społecznościowych. Pomaga firmom generować dopasowane teksty dla różnorodnych odbiorców i formatów, zwiększając efektywność i kreatywność content marketingu bez konieczności ręcznego wysiłku.



Platforma do wizualizacji 3D i personalizacji produktów

Cylindo (Chaos)

Niemcy ↔

Cylindo oferuje zaawansowaną wizualizację 3D, rzeczywistość rozszerzoną oraz personalizację produktów w czasie rzeczywistym, dostosowaną do producentów mebli i sprzedawców mebli. Ich platforma automatyzuje renderowanie i pozwala klientom personalizować produkty według kolorów, wykończeń i materiałów, co poprawia doświadczenia e-commerce i zwiększa wskaźniki konwersji.

Automatyczne generowanie treści

Contents.com

Włochy ⇄

Contents.com wykorzystuje AI do automatycznego tworzenia reklam wizualnych i materiałów promocyjnych. Platforma dostosowuje treści do różnych formatów medialnych i odbiorców, umożliwiając markom skalowanie działań marketingowych i efektywne utrzymywanie spójnych, wysokiej jakości przekazów.

Platforma Dopasowania Przekazu Marki

Jacquard

Wielka Brytania ⇄

Jacquard pomaga firmom utrzymać spójność przekazu, dopasowując wszystkie treści marketingowe do tożsamości marki. Ich platforma zapewnia, że reklamy, posty i materiały promocyjne odzwierciedlają ton i wartości marki, wspierając spójną i godną zaufania komunikację między kanałami.

Empatyczna i spersonalizowana platforma copywritingowa

W każdym razie

Stany Zjednoczone ⇄

Anyword to platforma AI do copywritingu, która dostosowuje ton i styl do odbiorców, produktu i kanału komunikacji. Generuje dopasowane treści od opisów produktów po komunikaty reklamowe, kierując się do różnorodnych profili, takich jak użytkownicy końcowi, architekci i dystrybutorzy, aby zmaksymalizować zaangażowanie.

Marketing wielojęzyczny i komunikaty CRM

Typowo AI

Szwajcaria ⇄

Typewise AI pomaga zespołom marketingowym i CRM tworzyć wielojęzyczne komunikaty, które dostosowują ton i treść dla różnych odbiorców. To rozwiązanie jest szczególnie cenne dla międzynarodowych marek, które poszukują spójnej i spójnej komunikacji na różnych rynkach, poprawiając zaangażowanie klientów i jedność marki.

E-maile sprzedażowe i obsługi klienta generowane przez AI

Flowrite

Finlandia ⇄

Flowrite generuje maile sprzedażowe, kontakty uzupełniające i odpowiedzi na podstawie krótkich promptów, wspierając zespoły marketingu i obsługi klienta. Zapewnia spójną komunikację, oszczędzając czas, usprawniając procesy komunikacji i poprawiając responsywność w punktach kontaktowych klientów.

Automatyzacja komunikacji z klientem po zakupie

Auralis AI

Stany Zjednoczone ⇄

Auralis AI automatyzuje komunikację po zakupie, generując spersonalizowane odpowiedzi, proponując dopasowane treści związane z opieką, dopasowywaniem i odnowianiem oraz wspierając operatorów w czasie rzeczywistym. Integruje się z CRM i platformami e-commerce, aby poprawić doświadczenie klienta, obniżyć koszty operacyjne i budować lojalność.

Optimalizacja procesów marketingowych i sprzedaży z wykorzystaniem generatywnej sztucznej inteligencji: automatyzacja i personalizacja treści



Przykłady



AI przeciwprostokątnej

Stany Zjednoczone



Hypotenuse AI to generatywna platforma do tworzenia treści AI dla eCommerce. Umożliwia generowanie opisów produktów o dużej liczbie produktów, zapewniając, że każdy tekst jest unikalny — nawet dla bardzo podobnych produktów. Odpowiada to na częstą potrzebę w sektorze meblowym, gdzie produkty często występują w wielu wariantach. Living Spaces, duży detalista mebli w Stanach Zjednoczonych, wykorzystuje tę platformę do tworzenia atrakcyjnych, precyzyjnych, optymalnych pod kątem wyszukiwarek i spójnych z marką treści produktowych na dużą skalę — skutecznie zarządzając obszernymi katalogami.



Norr11

Dania



Duńska marka Norr11 wykorzystwała technologię Scenes do generowania hiperrealistycznych zdjęć swojego fotela FAVE Lounge bez sesji zdjęciowych. Projekt "My FAVE Spot" umożliwił wizualizacje dopasowane do tożsamości marki, usprawniając produkcję treści do katalogów, mediów społecznościowych i e-commerce w branży meblarskiej.

Renovai

Izrael

Renovai oferuje zestaw rozwiązań e-commerce opartych na AI dla sektora meblowego, w tym wyszukiwanie wizualnych podobieństw, generatory kombinacji produktów, spersonalizowane asystenty zakupowe oraz silniki rekomendacji, które poprawiają doświadczenie klienta i zwiększają wskaźniki konwersji.



Produkty archiproduktowe

Włochy



Archiproducts wykorzystuje generatywną sztuczną inteligencję, aby usprawnić wyszukiwanie poprzez odkrywanie produktów, umożliwiając użytkownikom wyszukiwanie mebli za pomocą określonego tekstu. To narzędzie ułatwia proces wyboru, pozwalając profesjonalistom i konsumentom efektywniej znajdować rozwiązania projektowe, a tym samym poprawiać ogólne doświadczenie i zaangażowanie użytkownika.



Projekt aliasu

Włochy



Alias Design wykorzystuje platformę THRON do optymalizacji procesów zarządzania treścią cyfrową. Automatyzuje tworzenie treści marketingowych, katalogów produktów oraz technicznych arkuszy technicznych.



Arper

Włochy



Arper zintegrował platformę THRON jako kluczowe narzędzie w swojej strategii komunikacji B2B, poprawiając doświadczenia klientów i partnerów poprzez swoją stronę internetową.



Lago

Włochy



Lago wdrożyło kilka funkcji platformy THRON, aby scentralizować zarządzanie i dystrybucję treści, osiągając 75% redukcję całkowitych aktywów cyfrowych poprzez eliminację duplikatów i poprawę śledzenia.



Serax

Belgia



Serax, belgijska firma projektowa i meblarska, wdrożyła SAP Business AI, aby zautomatyzować przetwarzanie zamówień opartych na PDF. To zmniejszyło ręczne wprowadzanie danych o 33%, co znacząco poprawiło efektywność operacyjną. W efekcie zespół mógł skupić się na działaniach o wartości dodanej, takich jak upselling i spersonalizowana obsługa klienta.



W każdym razie

Stany Zjednoczone



Anyword to platforma copywriterska oparta na AI, która pozwala dostosować ton i styl treści do docelowej grupy odbiorców. Jest wykorzystywany przez firmy takie jak National Geographic i Red Bull do generowania tekstów od opisów produktów po komunikaty reklamowe, dostosowując się do preferencji i emocji grupy docelowej.



Amazon Personalize

Stany Zjednoczone



Amazon Personalize wykorzystuje generatywną sztuczną inteligencję do dostarczania spersonalizowanych rekomendacji, dynamicznych treści i spersonalizowanych interakcji, poprawiając doświadczenia klientów w e-commerce.



Softologia

Wielka Brytania



Softology wprowadziło narzędzia do wyszukiwania wizualnego, które pozwalają klientom przesyłać zdjęcia (zdjęcia, zrzuty ekranu, wycinki z magazynów), aby znaleźć podobne produkty w katalogu. Ta funkcjonalność poprawia doświadczenie odkrywania produktów i zwiększa zaangażowanie klientów.

15

1



2



Trudność implementacji: **Srednie**Opłacalność ekonomiczna: **Wysoki**

Inteligentne podejmowanie decyzji w sektorze meblowym dzięki korelacji danych i analityce opartej na AI



Opis

W erze Przemysłu 5.0 integracja zaawansowanej analityki i sztucznej inteligencji (AI) z procesami produkcyjnymi stała się kluczowa. Systemy wsparcia decyzji (DSS) oparte na sztucznej inteligencji oraz analiza korelacji danych umożliwiają producentom przekształcanie ogromnych ilości danych w praktyczne wnioski, ułatwiając podejmowanie świadomych decyzji i efektywność operacyjną. Systemy te zazwyczaj łączą wgląd opisowy z prognozowaniem predykcyjnym, a w niektórych przypadkach także z możliwościami preskryptywnymi, wspierającymi podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym.

Technologie te wykorzystują algorytmy uczenia maszynowego do analizy danych z różnych źródeł — linii produkcyjnych, łańcuchów dostaw, opinii klientów oraz trendów rynkowych. Poprzez identyfikację wzorców i korelacji, DSS może przewidywać rezultaty, optymalizować procesy i rekomendować strategiczne działania. Na przykład korelacja danych produkcyjnych z opiniami klientów może wskazać obszary wymagające poprawy produktu, podczas gdy analiza danych z łańcucha dostaw może zidentyfikować potencjalne zakłócenia, zanim wpłyną na operacje.

Wdrożenie takich systemów wymaga solidnej infrastruktury danych, w tym mechanizmów zbierania danych (czujników, urządzeń IoT), rozwiązań do przechowywania danych oraz narzędzi analitycznych. Integracja tych komponentów umożliwia monitorowanie i analizę w czasie rzeczywistym, zapewniając, że decyzje opierają się na najnowszych dostępnych informacjach.

Co więcej, elastyczność DSS oparta na AI pozwala im uczyć się i ewoluować z czasem. W miarę zbierania większej ilości danych, dokładność predykcyjna i możliwości podejmowania decyzji systemu poprawiają się, co prowadzi do ciągłego doskonalenia procesów produkcyjnych.

- 1 Przykład dashboardu prognozowania łańcucha dostaw
- 2 Deska rozdzielcza używana w manufakturze mebli
- 3 Optymalizacja produkcji oparta na analizie, decyzjach i przepływie IA ↔
- 4 Przykład dashboardu zarządzania produkcją w produkcji ↔



Zastosowanie

Branża meblarska, charakteryzująca się różnorodnością produktów i wymaganiami dotyczącymi personalizacji, może znacząco skorzystać na DSS i analizie korelacji danych opartej na AI. Technologie te mogą być stosowane w różnych aspektach:

Projektowanie i rozwój produktu: Analizując preferencje klientów i trendy rynkowe, producenci mogą projektować produkty odpowiadające oczekiwaniom konsumentów. Korelacja danych pomaga zrozumieć, które cechy są najbardziej doceniane, kierując decyzjami projektowymi.

Optymalizacja produkcji: Monitorowanie danych produkcyjnych pozwala identyfikować wąskie gardła i nieefektywności. DSS może rekomendować zmiany w czasie rzeczywistym, zwiększając produktywność i zmniejszając marnotrawstwo.

Zarządzanie łańcuchem dostaw: Korelacja danych od dostawców, poziomów zapasów i harmonogramów dostaw umożliwia proaktywne zarządzanie łańcuchem dostaw, minimalizując opóźnienia i zapewniając terminową realizację zamówień.

Kontrola jakości: Analiza danych produkcyjnych wraz z wynikami inspekcji jakości pozwala zidentyfikować wzorce prowadzące do wad, umożliwiając wczesną interwencję i ciągłą poprawę jakości produktu.

Obsługa klienta: Integracja opinii klientów z danymi produkcyjnymi i sprzedażowymi pomaga zrozumieć poziom satysfakcji klientów, wspierać poprawę usług i budować lojalność klientów.

Aby zapewnić ich pomyślną implementację, kluczowe jest zintegrowanie systemów wsparcia decyzji z istniejącymi platformami firmy, takimi jak systemy ERP czy CRM. Ta integracja zapewnia płynny przepływ danych, rekomendacje uwzględniające kontekst oraz zgodność operacyjną, zwiększając zastosowanie informacji w czasie rzeczywistym i wzmacniając podejmowanie decyzji międzydziałowych.

Wdrożenie tych aplikacji wymaga podejścia opartego na współpracy, z udziałem zespołów międzyfunkcyjnych, aby zapewnić dokładne zbieranie, analizę i działanie danych. Szkolenie personelu w zakresie interpretacji i wykorzystywania wniosków z DSS jest również kluczowe dla maksymalizacji korzyści płynących z tych technologii.

- 5 Pulpit rozdzielczy Metryki Maszyn ↔
- 6 Zakres kluczowych dyscyplin produkcyjnych dla kompleksowej, w czasie rzeczywistym analizy danych.
- 7 Magazyn mebli.

Inteligentne podejmowanie decyzji w sektorze meblowym dzięki korelacji danych i analityce opartej na AI



Aspekty wdrożenia

Trudność implementacji: Średnie

Wdrożenie DSS i analizy korelacji danych opartych na AI wymaga inwestycji w infrastrukturę technologiczną oraz szkolenia pracowników. Jednak dzięki skalowalnym rozwiązaniom i odpowiedniemu planowaniu, średniej wielkości producenci mebli mogą skutecznie wdrażać te technologie, aby usprawnić swoje działania.

Opłacalność ekonomiczna: Wysoki

Wdrożenie tych technologii prowadzi do poprawy efektywności, zmniejszenia odpadów oraz lepszego dopasowania do wymagań klientów, co skutkuje znacznymi oszczędnościami kosztów i wzrostem rentowności w czasie.

Czynniki ludzkie

Integracja systemów wsparcia decyzji (DSS) opartych na AI oraz analityki danych z branżą meblową wywołuje fundamentalną zmianę w dynamice zatrudnienia. Pracownicy muszą dostosować się do nowych technologii, co wymaga kompleksowego podnoszenia kwalifikacji, aby rozwijać kompetencje informacyjne, zdolności analityczne i pewność w narzędziach cyfrowych. W rezultacie pracownicy mogą doświadczać większej satysfakcji z pracy, przechodząc od powtarzalnej pracy ręcznej na bardziej strategiczne, wartościowe działania, takie jak interpretacja danych i optymalizacja procesów.

Co więcej, zaangażowanie pracowników w proces wdrożenia buduje poczucie własności, promuje zaangażowanie i zmniejsza opór. Przejrzysta komunikacja na temat korzyści i zmian związanych z tymi technologiami jest niezbędna, aby budować zaufanie, dostosowywać oczekiwania i rozwiązać niepewność.

Ta zmiana nieuchronnie zmienia profile stanowisk. Chociaż niektóre stanowiska mogą ewoluować lub stać się przestarzałe, pojawiają się nowe role w takich obszarach jak

data science, nadzór nad systemami AI czy konserwacja predykcijna. Firmy powinny proaktywnie zarządzać tą zmianą poprzez ukierunkowane strategie przekwalifikowania i podnoszenia kwalifikacji, wspierając elastyczność oraz zachowując zaangażowanie i morale pracowników przez cały proces przejścia.

Czynniki środowiskowe

Wdrożenie DSS i analityki danych opartych na AI przyczynia się do zrównoważonego rozwoju środowiska w branży meblarskiej. Optymalizując procesy produkcyjne, firmy mogą zmniejszyć ilość odpadów i zużycie energii. Analityka predykcijna umożliwia lepsze prognozowanie popytu, minimalizując nadprodukcję i związane z tym zużycie zasobów. Techniki te minimalizują również wady produkcyjne, ograniczając przeróbki i znacząco przyczyniając się do bardziej zrównoważonego i efektywnego procesu produkcji.

Ponadto technologie te wspierają rozwój zrównoważonych produktów poprzez analizę preferencji klientów dotyczących ekologicznych materiałów i wzorów. Ułatwiają także śledzenie wpływu na środowisko w całym łańcuchu dostaw, pozwalając firmom identyfikować obszary wymagające poprawy i wdrażać bardziej ekologiczne praktyki.

Włączenie wskaźników zrównoważonego rozwoju do procesów decyzyjnych zapewnia, że kwestie środowiskowe są integralną częścią strategii biznesowych. Takie podejście nie tylko odpowiada globalnym celom zrównoważonego rozwoju, ale także odpowiada na rosnące zapotrzebowanie konsumentów na produkty odpowiedzialne za środowisko.

Jednak DSS oparte na AI integruje duże ilości danych strukturalnych i niestructuralnych pochodzących z wielu źródeł. Dane te są analizowane za pomocą algorytmów uczenia maszynowego, które wymagają znacznej mocy obliczeniowej i przyczyniają się do zwiększonego zużycia energii i wody oraz emisji gazów cieplarnianych (GHG).

3



4



Równolegle analiza korelacji danych polega na porównywaniu ogromnych zbiorów danych w celu identyfikacji zależności i trendów. Wraz ze wzrostem ilości danych rośnie także zapotrzebowanie na przetwarzanie, przechowywanie i analizę czasu rzeczywistego, zwłaszcza gdy modele są często aktualizowane lub ponownie trenowane. To nakłada na centra danych coraz większe obciążenie. Używany sprzęt — w tym GPU, CPU i specjalistyczne akceleratory AI — wymaga pierwiastków ziem rzadkich, minerałów konfliktowych oraz znacznej ilości energii do produkcji, co oznacza istotny wpływ na środowisko. Krótkie cykle życia produktu oraz częste aktualizacje sprzętu przyczyniają się do powstawania odpadów elektronicznych (e-waste).

■ Zgodność z certyfikatami i przepisami

Wdrożenie DSS i analityki danych opartych na AI jest zgodne z różnymi branżowymi certyfikatami i regulacjami. Na przykład normy ISO 9001 (Systemy Zarządzania Jakością) oraz ISO 14001 (Systemy Zarządzania Środowiskowego) kładą nacisk na ciągłe doskonalenie i odpowiedzialność ekologiczną, które są wspierane przez te technologie. Dodatkowo, przestrzeganie unijnego Ogólnego Rozporządzenia o Ochronie Danych Danych (RODO) jest niezbędne przy obsłudze danych klientów, zapewniając prywatność i bezpieczeństwo danych w procesach analitycznych.

5



6



7



Inteligentne podejmowanie decyzji w sektorze meblowym dzięki korelacji danych i analityce opartej na AI



Rozwiązania



DataFurn

EOSC-DIH



UE ↔

Platforma jako usługa oferująca analitykę dla branży meblarskiej, umożliwiając producentom analizę treści online, monitorowanie wpływu marki oraz prognozowanie trendów meblarskich.



Dashboardy Business Intelligence i optymalizacji sprzedaży dla firm meblarskich

CPoint5



Stany Zjednoczone ↔

Zapewnia dynamiczne pulpity dla firm meblarskich, aby analizować wyniki, identyfikować najlepiej sprzedające się produkty oraz optymalizować zapasy i strategie sprzedażowe.



Zunifikowana platforma danych i Business Intelligence dla produkcji

Microsoft Fabric Power BI



Stany Zjednoczone ↔

Microsoft Fabric integruje inżynierię danych, analitykę czasu rzeczywistego oraz inteligencję biznesową w zintegrowanej platformie. W połączeniu z Power BI umożliwia producentom wizualizację KPI, stosowanie modeli uczenia maszynowego oraz podejmowanie decyzji opartych na danych w zakresie operacji, zapasów i zarządzania łańcuchem dostaw.



ERP z IoT w produkcji mebli

Epicor



Stany Zjednoczone ↔

Kinetic ERP firmy Epicor integruje czujniki IoT, dostarczając wgląd w czasie rzeczywistym, umożliwiając inteligentniejsze decyzje, predykcyjną konserwację oraz efektywność operacyjną w produkcji mebli.



ERP z łańcuchem dostaw i analityką predykcyjną dla produkcji mebli

Focus Softnet



Indie ↔

Rozwiązanie ERP firmy Focus Softnet optymalizuje procesy produkcyjne i dystrybucyjne w produkcji mebli, oferując solidne możliwości zarządzania łańcuchem dostaw oraz analityki predykcyjnej.



Zaawansowany Platform Analityczny Wspierany przez AI/ML do produkcji mebli

SAS

Stany Zjednoczone ↔

SAS Viya wykorzystuje AI/ML (np. ARIMA, gradient boosting, computer vision) do produkcji mebli. Integruje różnorodne dane (czujnik, sprzedaż, obraz) do precyzyjnego prognozowania popytu, predykcji jakości poprzez wykrywanie anomalii, monitorowania wydajności zasobów opartego na IoT (szacowanie RUL) oraz optymalizacji łańcuchów dostaw z wykorzystaniem symulacji i zaawansowanych algorytmów.



Planowanie produkcji oparte na sztucznej inteligencji

Ima Schelling



Niemcy ↔

Rozwiązania AI do optymalizacji produkcji mebli przemysłowych, zaprojektowane dla dużych producentów. Systemy te analizują dane z linii produkcyjnych i łączą je z planowaniem zamówień, umożliwiając mądrzejsze decyzje. Korzyści obejmują optymalizację zagnieżdżenia, zmniejszenie odpadów materiałowych oraz skrócone czasy realizacji, co zwiększa efektywność i produktywność w całym procesie produkcyjnym.



Przykłady



RISE (Instytuty Badawcze Szwecji)

Szwecja ⇄

Stworzono narzędzie do analizy obrazów oparte na AI, które wspiera decyzje dotyczące renowacji mebli, zwiększając cyklicę poprzez szybkie identyfikowanie modeli mebli i niezbędnych części zamiennych.



Vaimo

Globalne



Wykorzystuje zaawansowaną analitykę danych do optymalizacji operacji detalicznych mebli, w tym układu salonów, spersonalizowanych doświadczeń klientów oraz analityki zrównoważonego rozwoju.



Dribia

Hiszpania



GOIA firmy Dribia to dedykowane narzędzie do prognozowania popytu oparte na AI, które łączy uczenie maszynowe z wiedzą ludzką. Pozwala firmom przewidywać wahania popytu, optymalizować poziom zapasów i ograniczać odpady, wspierając zrównoważone i efektywne operacje produkcyjne.



Imperia SCM

Hiszpania



Imperia oferuje modułową, opartą na sztucznej inteligencji platformę do planowania łańcucha dostaw. Usprawnia prognozowanie popytu, optymalizację zapasów oraz procesy S&OP, zapewniając widoczność w czasie rzeczywistym i elastyczność w czasie rzeczywistym do zmian rynkowych, co poprawia efektywność operacyjną i satysfakcję klientów.



Wykorzystanie AI

Stany Zjednoczone



Zapewnia inteligentną automatyzację zarządzania łańcuchem dostaw w produkcji mebli. Platforma oferuje widoczność w czasie rzeczywistym, tworzy karty oceny dostawców oraz automatyzuje komunikację, skracając czas poświęcony klientom na zarządzanie zamówieniami i dostawcami o 50%.



Forma ideale

Serbia



Forma ideale przyjęło różne technologie AI: projektowanie generatywne z wykorzystaniem GAN-ów do tworzenia nowych koncepcji mebli opartych na istniejących danych i preferencjach klientów; Integracja AI i IoT w celu monitorowania wydajności urządzeń i optymalizacji produkcji; oraz inteligentne zarządzanie magazynami z wykorzystaniem pojazdów autonomicznych na zwiększenie efektywności logistycznej.

Raport o Przemysle 5.0 w produkcji w UE



Ten raport (D2.1) przedstawia, czym jest Przemysł 5.0, skąd pochodzi, gdzie się znajduje, dokąd zmierza. Droga do nowego paradygmatu Przemysłu 5.0 była długa i wyraźnie wytyczona.

W tym paradygmatzie państwa europejskie obecnie uruchamiają programy i działania wspierające transformację 5.0 w różnym tempie, aby pomóc firmom i systemom gospodarczym rozwijać się i podążać ścieżką, która może prowadzić do wielkiego rozwoju nie tylko gospodarczego, ale także ludzkiego i społecznego.

Transition 5.0 to przejście do zaawansowanego, technologicznie skoncentrowanego modelu przemysłowego, w którym wdrożenie technologii cyfrowych, takich jak IoT, AI i robotyka, poprawia efektywność, zrównoważony rozwój i personalizację procesów produkcyjnych.

Ta zmiana wymaga również przeglądu praktyk biznesowych i większego skupienia na potrzebach ludzkich. W istocie jest to krok w kierunku wysoce zdigitalizowanej i zorientowanej na przyszłość branży.

Przemysł 5.0 to nowy sposób postrzegania gospodarki i przemysłu, model, w którym technologia i człowieczeństwo harmonijnie się łączą, tworząc równowagę między efektywnością a wartościami ludzkimi. To wizja branży, która nie tylko dąży do produktywności, ale także do dobrostanu jednostek i szacunku dla środowiska. W przeciwieństwie do Przemysłu 4.0, który został zaplanowany jako prawdziwa rewolucja przemysłowa i technologiczna, Przemysł 5.0 jest przede wszystkim nowym paradygmatem kulturowym.

Dlatego kluczowe jest, aby pomagać firmom, które są prawdziwymi uczestnikami tego nowego paradygmatu, zrozumieć, która ścieżka najlepiej odpowiada ich mode-

lowi biznesowemu, zaczynając od dzisiejszych warunków wyjściowych. Modele i narzędzia będą potrzebne, aby zrozumieć, od czego zaczynamy i dokąd chcemy zmierzać, by nie marnować zasobów i by coraz bardziej zwiększać konkurencyjność europejskich firm.

Żyjemy w kontekście ciągłej ewolucji systemów produkcyjnych, umiejętności i procesów, technologia stanowi podwójne wyzwanie: z jednej strony zwiększa presję konkurencyjną, z drugiej – oferuje rozwiązania dla wielkich wyzwań naszych czasów, takich jak zielone, społeczne i demograficzne transformacje.

Kluczem do radzenia sobie z tymi zmianami jest opracowanie paradygmatu Społeczeństwa 5.0: teoretyzowanego w Japonii, który reprezentuje paradygmat rozwoju gospodarczego i społecznego, stawiający człowieka w centrum synergicznej relacji z technologią. To krok poza paradygmatem automatyzacji typowym dla świata 4.0: celem wdrażania technologii w społeczeństwie 5.0 jest zwiększenie dobrostanu i jakości życia jednostek, stawiając technologię na służbie ludziom, a nie jako ich substytut.

Paradygmat 5.0 jest niezbędny dla przyszłości Europy oraz dla sukcesu przejść i długoterminowych ścieżek transformacyjnych wyznaczonych przez Unię Europejską.

W tym sensie istnieją dwa główne strategiczne dźwignie skutecznej transformacji: innowacja i umiejętności, bez których każde wdrożenie technologii jest skazane, jeśli nie na porażkę, to nie maksymalizuje swoich korzyści.

Raport o poziomie dojrzałości Przemysłu 5.0 w unijnym przemyśle meblowym



Niniejszy raport (D2.2) ocenia obecny poziom gotowości przemysłu meblarskiego UE do przejścia do Przemysłu 5.0. Sektor meblarski pokazuje, że posiada **podstawową wiedzę na temat niektórych technologii**, które już wpływają na procesy produkcyjne, a z natury i rodzaju produktów zostały już wdrożone, przez co są lepiej znane niż inne.

Jednak istnieje wiele technologii, które dziś warto dogłębnie zbadać ze względu na ich wpływ na życie firm, a które nie są brane pod uwagę.

Wynika to z braku wiedzy na temat tych technologii oraz braku dogłębnej analizy ich potencjału i możliwych zastosowań.

Badanie wskazało sektor, **który jest słabo poinformowany w niektórych dziedzinach technologii**, a bardziej kompetentny w innych. Ogólnie jednak pojawia się silny

brak wiedzy na temat tych technologii umożliwiających, zarówno w dużych, jak i małych firmach.

To podkreśla potrzebę, **aby sektor zrobił krok naprzód w szkoleniach** w zakresie technologii umożliwiających inteligentny przemysł, aby zacząć identyfikować nowe zastosowania i zastosowania w dziedzinie, która wciąż powoli zmierza ku transformacji technologicznej obserwowanej w ostatnich latach.

Badanie było z pewnością dobrą okazją, by zrozumieć, jakie są najważniejsze luki w wiedzy o tych technologiach oraz wyobrazić sobie rozwiązania i propozycje, które pomogą firmom zrozumieć potencjał i narzędzia, jakie technologia udostępnia dziś, aby dać nowy, innowacyjny impuls sektorowi meblarskiemu.

Potrzeby i rekomendacje dotyczące umiejętności dla interesariuszy sektora meblarskiego



W tym raporcie (D5.1) odpowiedzieliśmy na dwa fundamentalne pytania: które zielone i cyfrowe umiejętności obecnie pojawiają się w europejskim sektorze drewna i mebli — szczególnie tych powiązanych z Przemysłem 5.0 — oraz gdzie napotykać one niedopasowania popytu i podaży? I jak firmy w tym sektorze mogą skutecznie wdrażać zasady Przemysłu 5.0, rozwijając odpowiednio umiejętności, wykorzystując nowe technologie i wdrażając europejskie narzędzia do weryfikacji kompetencji?

Nasza analiza ujawniła głęboką przemianę, która się zatrzymuje. Umiejętności techniczne związane z ekoprojektowaniem, oceną cyklu życia, robotyką, cyfrowymi bliźniakami oraz analityką danych muszą być teraz uzupełniane kompetencjami transwersalnymi, takimi jak elastyczność, myślenie systemowe, współpraca cyfrowa oraz świadomość zrównoważonego rozwoju. Jednak podaż wciąż pozostaje w tyle — cyfryzacja pozostaje nierówna wśród MŚP, kompetencje ekologiczne są niedostatecznie rozproszone, a systemy szkoleniowe nie zintegrowały jeszcze w pełni hybrydowych profili wymaganych przez Przemysł 5.0.

To niedopasowanie ma wyraźne konsekwencje dla różnych interesariuszy: dostawcy szkoleń muszą dostarczać modułowe, elastyczne ścieżki nauki — mikrokwalifikacje zgodne z ESCO i EQF — dostosowane do nowych ról. Decydenci i władze publiczne powinny wzmacniać ekosystemy kompetencji poprzez zarządzanie wielostronne, strategie oparte na klastrze oraz

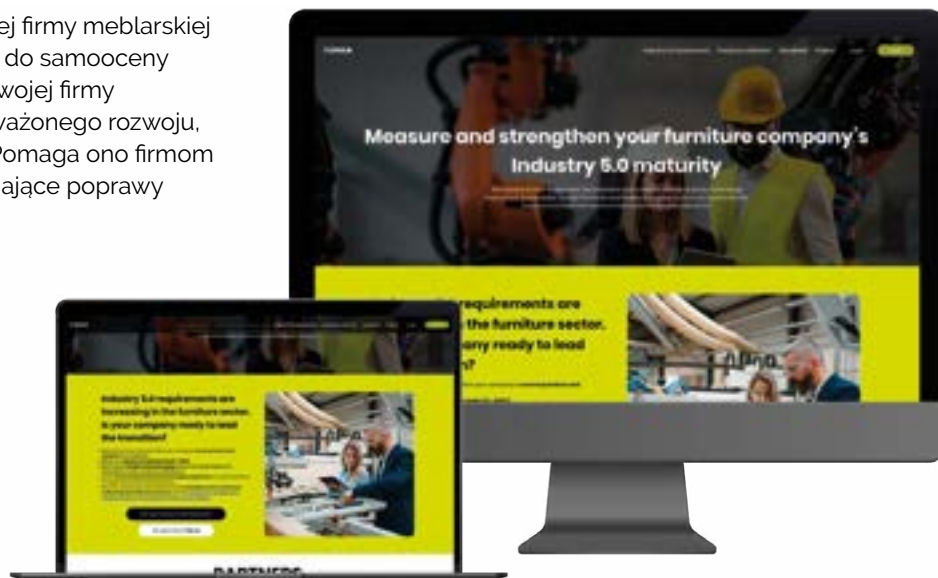
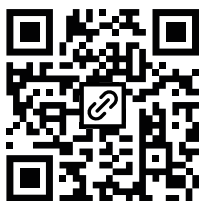
obserwatoria sektorowe zdolne do monitorowania rozwoju umiejętności i przewidywania przyszłych luk. Same przedsiębiorstwa muszą przejść od reaktywnych, doraźnych rozwiązań na bezpośrednie osadzenie rozwoju kompetencji w planowaniu strategicznym i technologicznym.

Niezbędny jest stały monitoring i wywiad z perspektywą przyszłości. Obserwatoria umiejętności, wspierane przez narzędzia takie jak Foresight Platforms i Skills Radars, pozwolą Europie przewidywać pojawiające się potrzeby kompetencyjne, zanim staną się one systemowymi ograniczeniami, zapewniając zarówno elastyczność siły roboczej, jak i konkurencyjność przemysłową.

Podsumowując, kluczowym wnioskiem jest to, że kompetencje są filarem Przemysłu 5.0 w sektorze drewna i mebli. Zmniejszenie luki między pojawiającymi się wymaganiami dotyczącymi umiejętności a istniejącą podażą wymaga podwójnej strategii: wyposażenia pracowników w hybrydowe możliwości zielone i cyfrowe, jednocześnie integrując je w wdrażaniu technologii, modelach biznesowych i sieciach współpracy. Rozwój kompetencji nie jest działalnością wspierającą — musi stać się siłą napędową, łączącą innowacje, zrównoważony rozwój i cyfryzację skoncentrowaną na człowieku z długoterminową odpornością przemysłową Europy.

A1

Mierz i wzmacniaj poziom dojrzałości swojej firmy meblarskiej w zakresie Przemysłu 5.0. Dzięki narzędziu do samooceny Przemysłu 5.0 możesz ocenić dojrzałość swojej firmy w zakresie wdrażania technologii, zrównoważonego rozwoju, zorientowania na człowieka i odporności. Pomaga ono firmom meblarskim identyfikować obszary wymagające poprawy i wspiera przejście na Przemysł 5.0.



Narzędzie w 5 krokach

Postępuj zgodnie z poniższymi krokami, aby rozpocząć proces samooceny i w pełni wykorzystać możliwości oraz wyniki narzędzia do samooceny Przemysłu.

0

Rejestracja i logowanie
assessment.furn50.eu



1

Odpowiedz

Udziel odpowiedzi na wszystkie pytania, które najlepiej odzwierciedlają aktualne praktyki i sytuację w Twojej firmie we wszystkich obszarach Przemysłu 5.0. Pozwoli to określić poziom dojrzałości Twojej firmy oraz zidentyfikować możliwości usprawnień i dalszego przejścia na Przemysł 5.0.





2

Oceń

Przejrzyj wskaźnik dojrzałości swojej firmy w zakresie Przemysłu 5.0 i zidentyfikuj swoje mocne i słabe strony w obszarach wdrażania technologii, zrównoważonego rozwoju, orientacji na człowieka oraz odporności.

3

Ulepsz

Dowiedz się, jak wzmocnić transformację swojej firmy w kierunku Przemysłu 5.0, korzystając z rekomendowanych działań, zastosowań technologicznych oraz wybranych praktyk wspierających doskonalenie i ustalanie priorytetów.



4

Zbiór praktyk

Uzyskaj dostęp do pełnej bazy praktyk i scenariuszy Przemysłu 5.0 opracowanych w ramach projektu FURN5.0.



Fix Union Sp. z o.o.

fixunion.com.ua

UKRAINA

Narzędzie do samooceny jest przejrzyste, dobrze uporządkowane i łatwe w użyciu. Zapewnia szczegółowy obraz naszej obecnej sytuacji oraz umożliwia trafne porównania z innymi krajami i rynkami. Co najważniejsze, pozwoliło naszej firmie opracować praktyczny plan działań i ustalić priorytety dalszych prac, zwłaszcza w kluczowych obszarach czasu wojny, takich jak gospodarka o obiegu zamkniętym, odporność i dywersyfikacja dostaw.


FIX
UNION
AQUINOS GROUP

aquinosgroup.com

PORTUGALIA

Transformacja w kierunku Przemysłu 5.0 wiąże się z istotnymi wyzwaniami, dodatkowo potęgowanymi przez stale zmieniający się rynek globalny. Dostęp do praktycznych narzędzi, takich jak to, które wspierają płynne i efektywne przejście, stanowi kluczowy krok w kierunku osiągnięcia tej transformacji technologicznej.


aquinos
sofas
Zakład meblarski Stryj Sp. z o.o.

tivoli.com.ua

UKRAINA

Badanie jasno wskazało obszary, w których możemy wzmocnić nasz rozwój jako zrównoważonego, gotowego na przyszłość przedsiębiorstwa produkcyjnego. Na podstawie tych wniosków dążymy do przyspieszenia wdrażania ukierunkowanych technologii oraz dalszego doskonalenia naszych praktyk w zakresie zrównoważonego rozwoju — nie tylko w celu zwiększenia własnej odporności, lecz także stworzenia skalowalnego, efektywnego i odpowiedzialnego modelu produkcji w ukraińskim sektorze meblarskim.


TIVOLI
Love 2 Design

love2design.org

BUŁGARIA

Uważam, że narzędzie jest dobrze opracowane i bardzo pomocne. Zapewnia wystarczający poziom szczegółowości, aby pomóc firmom zrozumieć swoją sytuację i sposoby jej poprawy. Porównanie wyników między firmami może ułatwić bardziej kompleksowe zrozumienie sytuacji w branży oraz umożliwić wartościowe porównania międzynarodowe.


Love 2 Design
Lubomir Gueorgiev

Svedholm

🌐 svedholm.se

SZWECJA

Narzędzie wskazało różne potencjalne obszary wymagające poprawy. Skupimy się bardziej na rozwiązaniach, które pomogą nam rozwijać bardziej cyrkularny model biznesowy.



Svedholm
MADE IN SWEDEN

AZEMAD GROUP

🌐 azemad.com

PORTUGALIA

To ważne narzędzie, które jasno pokazuje, jakie działania firma już realizuje, a jakich jeszcze nie, pomagając nam zrozumieć, w jaki sposób możemy się dalej rozwijać.



AZEMAD GROUP

ACADO

🌐 acado.bg

BUŁGARIA

Jestem bardzo zadowolony z tego narzędzia, które zapewniło nam kompleksowe zrozumienie naszej obecnej sytuacji oraz jasne wskazówki dotyczące dalszego kierunku rozwoju. Szczególnie doceniam sekcje dotyczące modelu Furniture-as-a-Service oraz wewnętrzne narzędzia do zbierania opinii i sugestii pracowników. Nacisk na dywersyfikację dostaw jest dla nas kluczowy, a koncepcja dołączenia do sieci współdzielenia zasobów w celu zwiększenia odporności w sytuacjach kryzysowych jest bardzo inspirująca. To doświadczenie było zarówno pouczające, jak i inspirujące w naszej drodze ku Przemysłowi 5.0.



AC DO
FURNITURE AS A SERVICE

NADOP-VÝROBA NÁBYTKU, a.s.

🌐 nadop.cz

CZECHY

Narzędzie jest przejrzyste i praktyczne, zapewnia solidny obraz naszej obecnej sytuacji oraz kluczowych obszarów wymagających poprawy. Dostarczyło cennych wskazówek w zakresie identyfikacji priorytetów w obszarach gospodarki o obiegu zamkniętym, odporności i dywersyfikacji dostaw, oferując jasne wytyczne dotyczące przejścia w kierunku bardziej zrównoważonego, przyszłościowego modelu Przemysłu 5.0. Narzędzie jest łatwe w użyciu i intuicyjne, dzięki czemu całe doświadczenie było sprawne i przyjazne dla użytkownika.



NADOP | NÁBYTEK DOUČASTI VĚRO

Dřevojas, výrobní družstvo

drevojas.cz

CZECHY

Narzędzie do samooceny jest przyjazne dla użytkownika, przejrzyste i atrakcyjne wizualnie. Szczegółowy charakter zadawanych pytań pozwolił nam uzyskać bardziej kompleksowe zrozumienie i analizę naszej obecnej sytuacji.



dřevojas ®
český koupelnový nábytek

CitySens Lab

citysenslab.com

HISZPANIA

Narzędzie umożliwiło nam przeprowadzenie szczegółowej analizy aktualnej sytuacji naszej firmy, identyfikując kluczowe procesy, które można zoptymalizować i wzmocnić. Traktujemy to jako cenną szansę na rozwój strategiczny, pozostając jednocześnie wierni naszej podstawowej misji.



CitySens (lab)

KAVE HOME

kavehome.com

HISZPANIA

Korzystanie z narzędzia było wartościowym doświadczeniem edukacyjnym, pokazującym praktyczne zastosowanie zasad Przemysłu 5.0. Ćwiczenie to okazało się kluczowe w identyfikacji obszarów wymagających poprawy i podkreśliło potrzebę ciągłego doskonalenia.



Kave Home

Waste Prevention SL (Prewaste)

prewaste.com

HISZPANIA

To bardzo użyteczne narzędzie, dobrze opracowane pod względem technicznym, które z pewnością pomoże usprawnić integrację założeń Przemysłu 5.0 w naszej organizacji. Jako możliwe usprawnienie warto rozważyć dodanie większej liczby przykładów praktycznych i operacyjnych, aby lepiej interpretować poziomy dojrzałości, a także bardziej konkretnie określić działania społeczne — w tym odwołania do polityk takich jak kodeksy postępowania dostawców czy wytyczne dotyczące zarządzania interesariuszami.



prewaste

ABSOTEC

absorcionacustica.com

HISZPANIA

Narzędzie umożliwiło nam ocenę poziomu dojrzałości w różnych obszarach, takich jak cyfryzacja, gospodarka o obiegu zamkniętym i zrównoważony rozwój. Wskazało również możliwości usprawnień w oparciu o różne technologie, zastosowania, powiązane najlepsze praktyki oraz ustrukturyzowane rekomendacje wbudowane w narzędzie.



NOMON

nomon.es

HISZPANIA

Narzędzie okazało się bardzo przydatne, zapewniając jasny i kompleksowy obraz aktualnej sytuacji firmy. Pozwoliło nam spojrzeć na nią z szerszej perspektywy, zidentyfikować potencjalne możliwości oraz ocenić warianty decyzyjne z większą pewnością i przekonaniem.



Tomasella

tomasella.it

WŁOCHY

Doświadczenie było zarówno przejrzyste, jak i angażujące, pozwalając nam lepiej zrozumieć sposób naszego działania oraz znaczenie codziennych decyzji. Proces dostarczył konkretnych, uporządkowanych wniosków dotyczących naszej rzeczywistości, wskazując mocne strony i ujawniając nowe możliwości rozwoju. To doświadczenie umocniło wizję opartą na jakości, spójności i odpowiedzialności, wspierając naturalną ewolucję, która wzmacnia teraźniejszość i jednocześnie kształtuje zrównoważoną przyszłość.



TOMASELLA

Árkossy Bútor Kft

arkossy.hu

WĘGRY

Narzędzie dostarczyło nam szeregu cennych wniosków oraz jasno określiło kierunki dalszych działań.



Plydesign Ltd.

🌐 plydesign.eu

WĘGRY

W miarę jak nasza firma rozwija się w obszarach zrównoważonego rozwoju i technologii, narzędzie to wskazało przyszłe kierunki oraz potencjalne poziomy, które możemy osiągnąć.



PLYDESIGN

Alples

🌐 alples.si

SŁOWENIA

To bardzo przydatne i proste narzędzie do sprawdzania poziomu dojrzałości w zakresie praktyk Przemysłu 5.0 w naszej firmie, oceny aktualnego stanu rozwoju oraz wskazywania lepszego kierunku strategicznego.



MKTECHMINDS SRL

RUMUNIA

Moje doświadczenie z tym narzędziem pokazuje, że integracja narzędzi cyfrowych oraz rozwijanie podejścia opartego na współpracy w edukacji i rozwoju zawodowym są kluczowe. Nie jest to już kwestia wyboru, jeśli chcemy utrzymać konkurencyjność i znaczenie na stale zmieniającym się rynku europejskim.



Gonzaga Pro

🌐 gonzaga.eu

SŁOWENIA



Antares Romania

🌐 scaune.ro

RUMUNIA

Moim zdaniem jest to praktyczne i dobrze zaprojektowane narzędzie. Zapewnia zwięzły przegląd postępów w zakresie cyfryzacji i zrównoważonego rozwoju oraz wskazuje poziom gotowości. Dodatkowo podkreśla kilka obszarów wymagających poprawy.



ANTARES 
INTERNATIONAL

Raport ten przedstawia opinie zebrane od respondentów na temat ich doświadczeń z internetowym narzędziem do samooceny FURN 5.0, pozyskane za pomocą specjalnego kwestionariusza, którego celem było uchwycenie postrzegania narzędzia przez użytkowników, poziomu ich satysfakcji oraz sugestii dotyczących usprawnień po jego wykorzystaniu. Na podstawie analizy odpowiedzi zidentyfikowano mocne strony, wyzwania oraz konkretne możliwości poprawy użyteczności, trafności i ogólnej efektywności narzędzia.

Łącznie 21 respondentów, przedstawicieli firm z 10 krajów europejskich (Bułgaria, Czechy, Węgry, Włochy, Portugalia, Rumunia, Słowenia, Hiszpania, Szwecja, Ukraina) wypełniło ankietę. Ogólnie respondenci deklarowali **wysoki poziom zadowolenia** z użyteczności narzędzia: interfejs graficzny, system nawigacji, instrukcje oraz czytelność zostały szeroko docenione. Narzędzie było często określane jako *płynne, przyjazne i satysfakcjonujące w użyciu*. Wielu użytkowników podkreśliło, że narzędzie skłania do pogłębionej refleksji nad poziomem dojrzałości cyfrowej i organizacyjnej ich firmy.

Proces rejestracji i nawigacji uznano za intuicyjny, chociaż niektórzy uczestnicy zwrócili uwagę na początkową niepewność pod koniec procesu, sugerując wprowadzenie wyraźniejszego komunikatu końcowego lub paska postępu/ukończenia. Zgłoszono jedynie sporadyczne problemy techniczne.

W zakresie **treści**, użytkownicy zgodzili się, że pytania są logicznie uporządkowane i w dużej mierze dopasowane do realiów ich firm, choć część respondentów uznała niektóre zagadnienia za nie w pełni adekwatne,

zwłaszcza w przypadkach outsourcingu produkcji lub niewielkiej skali działalności.

Niektórzy użytkownicy mieli sporadyczne trudności z interpretacją wybranych pytań i sugerowali dodanie bardziej przejrzystych wyjaśnień, przykładów lub kontekstowych objaśnień wspierających ich zrozumienie.

Sekcja wyników została oceniona pozytywnie pod względem przejrzystości i użyteczności. Respondenci generalnie uznali uzyskane wyniki za realistyczne i przydatne w kontekście strategicznej refleksji nad Przemysłem 5.0. Jednocześnie często zgłaszanym postulatem było wzbogacenie narzędzia o bardziej szczegółowe przykłady dobrych praktyk, rekomendacje dostawców oraz aktualne informacje o zastosowaniach. Wielu użytkowników wyraziło zainteresowanie możliwością **pobrania raportu** oraz porównania swoich wyników ze **średnimi dla przemysłu europejskiego**, co wskazuje na duże zapotrzebowanie na funkcje analizy porównawczej.

Podsumowując, zebrane opinie pokazują, że narzędzie FURN 5.0 **jest szeroko cenione za swoją strukturę, przejrzystość i praktyczną użyteczność, skutecznie wspierając firmy w ocenie ich gotowości do wdrożenia Przemysłu 5.0**. Zgłoszone sugestie wskazują na możliwości dalszego doskonalenia doświadczenia użytkownika, rozszerzenia praktycznych wskazówek oraz zwiększenia elastyczności i użyteczności strategicznej narzędzia w odniesieniu do zróżnicowanych profili przedsiębiorstw.

Pełny raport dostępny jest pod następującym linkiem:





FURN5.●

ambit
LIVING SPACES CLUSTER

 **FLA**
FederlegnoArredo

E#IC
European Furniture Industry Confederation



Co-funded by
the European Union