

## Streszczenie

Technologie wytwarzania przyrostowego (ang. Additive Manufacturing Technologies - AM) definiuje się jako proces łączenia materiałów w celu wykonania części z danych modelu 3D, zwykle warstwa po warstwie, w przeciwieństwie do metodologii produkcji subtraktywnej i formatywnej [ISO/ASTM 52900:2021]. Technologie AM coraz częściej wykorzystywane są w procesach produkcyjnych, prototypowaniu oraz w procesach regeneracji maszyn i urządzeń. Niestety, maszyny i urządzenia umożliwiające przeprowadzenie procesów AM wymagają znacznych nakładów inwestycyjnych. Przedsiębiorstwa produkcyjne, które są zainteresowane technologiami AM dostrzegają potencjalne korzyści wynikające z implementacji AM do produkcji, m.in. redukcję kosztów produkcyjnych, redukcję zaangażowania zasobów ludzkich w proces produkcyjny, optymalizację etapowości procesu i wykorzystania materiałów. Jednak decyzja o wdrożeniu AM powinna zostać poprzedzona analizą w obszarze zapotrzebowania i efektywności implementacji technologii addytywnej. Mając na uwadze potrzebę przedsiębiorstw produkcyjnych w obszarze wsparcia procesu podejmowania decyzji o zastosowaniu technologii AM, podjęto prace badawcze dotyczące budowania modeli wspomagających podejmowanie decyzji i oceny zapotrzebowania oraz efektywności zastosowania technologii AM przy wykorzystaniu sieci Bayesa i sieci Petriego. Praca składa się z ośmiu rozdziałów. W pierwszym rozdziale przedstawiono problem badawczy, określono cel główny i cele szczegółowe pracy oraz zaprezentowano zakres pracy. W rozdziale drugim przedstawiono model i metodę badawczą. W rozdziale trzecim dokonano charakterystyki i podziału technologii AM stosowanych w przemyśle wytwórczym. W rozdziale czwartym zaprezentowano wyniki badań ankietowych z przemysłu metalowego i motoryzacyjnego w Polsce w obszarze wdrożenia i zainteresowania technologiami AM. W rozdziale piątym dokonano charakterystyki sieci Bayesa i sieci Petriego oraz podkreślono możliwości wykorzystania tych narzędzi w formułowaniu modeli wspomagających podejmowanie decyzji w przedsiębiorstwach produkcyjnych. W rozdziale szóstym zaprezentowano autorskie modele sieci Bayesa i sieci Petriego, których zastosowanie pozwala na ocenę efektywności wdrożenia technologii przyrostowych w danej klasie przedsiębiorstw produkcyjnych. W rozdziale siódmym dokonano weryfikacji zbudowanych modeli w praktyce gospodarczej oraz potwierdzono ważność i użyteczność wyników badań. W ostatnim rozdziale zaprezentowano narzędzie informatyczne wspomagające podejmowanie decyzji i dokonanie oceny efektywności wdrożenia technologii AM w określonych przedsiębiorstwach produkcyjnych.

W pracy przeprowadzono analizę literatury przedmiotu w obszarach technologii wytwarzania przyrostowego wykorzystywanych w produkcji, metod modelowania wiedzy i procesów produkcyjnych oraz metod wykorzystywanych do analizy oceny efektywności implementacji technologii wytwarzania przyrostowego do produkcji. Na tej podstawie dokonano podziału i charakterystyki technologii AM wykorzystywanych w produkcji, przedstawiono zastosowanie technologii AM w przedsiębiorstwach produkcyjnych branży metalowej i motoryzacyjnej, przedstawiono metody modelowania procesów produkcyjnych z uwzględnieniem wykorzystania sieci Petriego i sieci Bayesa, dokonano charakterystyki procesów produkcyjnych wspieranych technologią AM uwzględniając technologię DMLS (ang. direct metal laser sintering). W niniejszej pracy zaprezentowane zostały wyniki badań ankietowych przeprowadzonych w 250 przedsiębiorstwach produkcyjnych z branży metalowej i motoryzacyjnej w Zachodniej Polsce. Jak wynika z badań istotną część badanych przedsiębiorstw stosuje technologie AM, znaczna część przedsiębiorstw deklaruje, że rozważają implementację technologii AM. Podjęto zatem próbę implementacji uzyskanej wiedzy z literatury przedmiotu i przemysłu do sieci Bayesa, mając na celu predykcję zapotrzebowania na technologie AM. W ramach projektowanego rozwiązania przeprowadzono eksperymenty z udziałem przedsiębiorstwa produkcyjnego. Bazując na wynikach analizy literatury, zamodelowano poziomy wiedzy dotyczące rodzaju stosowanego materiału, rodzaju wykorzystywanego lasera w procesie AM, testowanych właściwości danego wyrobu oraz wskaźnika impact factor (IF), zdefiniowanego na potrzeby badań jako wskaźnik poziomu dostępności wiedzy. Wyniki eksperymentów wykazały relacje pomiędzy potrzebami przedsiębiorstwa a wiedzą zawartą w literaturze. Drugim etapem badań było zaprojektowanie modelu przy zastosowaniu sieci Petriego, który umożliwi dokonanie analizy wybranych parametrów wpływających na proces produkcyjny stosowany przez badane przedsiębiorstwo oraz parametrów wpływających na proces realizowany przy zastosowaniu technologii AM. Dzięki wykorzystaniu opracowanego modelu możliwe jest zbudowanie rekomendacji w obszarze implementacji AM. W ramach scenariusza, w którym rekomenduje się przeprowadzenie dodatkowych analiz, zaprojektowano drugi model sieci Petriego, umożliwiający analizę zakłóceń wpływających na proces produkcyjny. Model pozwala na przeprowadzenie analizy w obszarze dostaw materiałowych, rotacji pracowników oraz kosztów zużycia energii. Ponadto, zaprojektowano i wykonano aplikację webową, która stanowi implementację zbudowanych modeli wspomagających podejmowanie decyzji i ocenę efektywności zastosowania technologii AM. Weryfikacji rozwiązania informatycznego dokonano w trzech średnich przedsiębiorstwach produkcyjnych z branży metalowej i motoryzacyjnej z Zachodniej Polski.