

Komputerowe metody wspomaganie projektowania procesu technologicznego

Computer aided production process design work methods

IZABELA ROJEK*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.8-9.119>

Przedstawiono komputerowe metody wspomaganie projektowania procesu technologicznego – od najprostszych do bardzo zaawansowanych. Ideą przeprowadzonych przez autorkę badań było opracowanie metody, modeli oraz systemu ekspertowego, którego funkcjonowanie przypominałoby sposób działania człowieka będącego ekspertem w danej dziedzinie. Cel ten osiągnięto dzięki zastosowaniu sieci neuronowych. **SŁOWA KLUCZOWE:** proces technologiczny, wspomaganie, sieć neuronowa

The article presents the computer aided design methods as applied for arrangement of production processes in the range from the simplest to the most advanced ones. The idea behind the research procedure as conducted by the author was to develop a method, models and expert system that would resemble a human expert in the field. This goal was achieved using neural networks.

KEYWORDS: technological process, support, neural network

Proces technologiczny szczegółowo określa przekształcanie surowego materiału (półwyrobu) w gotowy produkt odpowiadający wymaganiom projektowym. Ten proces jest bardzo trudny do automatyzacji ze względu na istotny udział doświadczenia (wiedzy ukrytej) technologów na poszczególnych etapach projektowania. W tradycyjnym projektowaniu procesów technologicznych dominują czynności, które w dużym stopniu wykorzystują doświadczenie technologa oraz jego umiejętności i intuicję. Od tego doświadczenia zależą przebiegi procesów technologicznych oraz ich koszty [1, 2]. Projektowanie tych procesów utraciło tradycyjny charakter wraz z pojawieniem się możliwości zastosowania technik komputerowych. Powszechne stało się wykorzystanie baz danych gotowych procesów technologicznych [3].

Zastosowanie metod eksploracji danych do odkrywania wiedzy zawartej w bazach danych o gotowych procesach technologicznych jest narzędziem, które pozwala na uźródłowienie doświadczenia technologa w postaci baz wiedzy oraz na przeprowadzenie w trakcie projektowania procesu technologicznego wnioskowania zbliżonego do rozumowania człowieka.

Komputerowe wspomaganie projektowania procesu technologicznego – przegląd literatury

Komputerowym wspomaganie projektowania procesów zajmują się systemy CAPP (*computer aided process planning*). Czynności wykonywane podczas projektowania procesu technologicznego mogą być wspomagane komputerowo w różny sposób, z wykorzystaniem różnorodnych metod i technik informatycznych. Istnieją trzy podejścia [3]:

- planowanie wariantowe, które bazuje na częściach technologicznie podobnych; komputer wykorzystywany jest do identyfikacji części podobnych oraz do edycji planu technologicznego odpowiedniego dla konkretnej części;
- planowanie generacyjne, w którym system syntetyzuje plan procesu technologicznego dla nowej części z procesów technologicznych opracowanych dla powierzchni elementarnych tworzących tę część;
- planowanie automatyczne – proces technologiczny tworzony jest bezpośrednio z modelu geometrycznego (CAD).

Inny podział metod pokazano w pracy [4]. Zautomatyzowane projektowanie procesu technologicznego może:

- być realizowane z zastosowaniem zunifikowanych procesów technologicznych albo na podstawie powtórnego zastosowania indywidualnych procesów technologicznych,
- polegać na syntezie procesu technologicznego,
- być iteracyjne.

Projektowanie z zastosowaniem zunifikowanych procesów technologicznych polega na przyporządkowaniu przez komputer, na bazie kodu klasyfikującego części, odpowiedniego procesu technologicznego obejmującego jego strukturę.

Projektowanie na podstawie powtórnego zastosowania indywidualnych procesów technologicznych polega na wykorzystaniu rozwiązań gotowych, zgromadzonych w bazie danych odpowiedników części i ich procesów technologicznych, na wszystkich poziomach projektowania.

Projektowanie polegające na syntezie procesu technologicznego odbywa się w taki sposób, że proces projektowania jest podzielony na wiele prostych zadań. Na podstawie analizy struktury i charakterystyki procesu technologicznego wyróżnia się poziomy kolejnego uszczegółowienia i optymalizacji rozwiązań projektowych. Na pierwszym poziomie są ustalane warianty podstawowych struktur procesu technologicznego. Na drugim poziomie są realizowane warianty struktury procesu technologicznego oraz określane warianty najbardziej racjonalne. Poziom trzeci obejmuje projektowanie operacji technologicznej z różnymi wariantami zabiegów. Spośród opracowanych wariantów wybierany jest – z uwzględnieniem określonych środków produkcji – racjonalny system obróbki.

Projektowanie iteracyjne jest modyfikacją metody projektowania polegającej na syntezie procesu technologicznego. W projektowaniu iteracyjnym dla każdej powierzchni opracowuje się proces jej obróbki i buduje graf możliwych wariantów przebiegu obróbki powierzchni jednego rodzaju. Projektowanie struktury procesu technologicznego polega na utworzeniu – na podstawie grafów poszczególnych powierzchni występujących w danej części – grafu wszystkich dopuszczalnych jego wariantów, który stanowi podstawę do wyboru wariantu o najmniejszym koszcie.

* Dr inż. Izabela Rojek (izarojek@ukw.edu.pl) – Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Inteligentne projektowanie procesu technologicznego – badania własne

Ideą przeprowadzonych przez autorkę badań było opracowanie metody, modeli oraz systemu ekspertowego, którego funkcjonowanie przypominałoby sposób działania człowieka będącego ekspertem w danej dziedzinie, mającego zdolność gromadzenia niezbędnej wiedzy, analizowania danych i wyciągania wniosków służących do rozwiązywania problemów. Ten cel osiągnięto, posługując się sieciami neuronowymi (przeprowadzone badania wykazały ich dużą użyteczność i skuteczność w projektowaniu procesu technologicznego). Na podstawie opracowanych już procesów technologicznych zastosowano metody maszynowego uczenia, czyli ML (*machine learning*) – najpierw do nauki projektowania procesów technologicznych, a następnie do projektowania procesów technologicznych dla nowych wyrobów. Projektowanie procesu technologicznego jest zadaniem bardzo złożonym, wymagającym wiedzy i doświadczenia technologa. Na potrzeby opracowywanego systemu ekspertowego projektowanie procesu technologicznego podzielono na mniejsze podzadania:

- utworzono plan procesu technologicznego, w którym określono kolejność operacji oraz zabiegów technologicznych;
- dla każdej operacji i każdego zabiegu określono obrabiarkę, narzędzie oraz parametry obróbki.

Tak utworzony system jest polecany technologom, którzy nie mają wystarczającego doświadczenia w projektowaniu procesów technologicznych lub dopiero rozpoczynają pracę w określonym przedsiębiorstwie produkcyjnym i nie znają dobrze jego parku maszynowego czy innych środków produkcji (narzędzi, oprzyrządowania). Należy podkreślić, że taki system pełni rolę doradczą, decyzja zaś zawsze należy do technologa.

Pozyskiwanie wiedzy

Bardzo ważnym etapem tworzenia inteligentnych systemów CAPP, czyli systemów wykorzystujących ML, było pozyskanie wiedzy technologicznej. Ta wiedza pochodzi z wielu źródeł (rys. 1). Dane z katalogów i baz danych można pozyskać w prosty sposób, jednak w przypadku wiedzy, preferencji i doświadczenia technologa proste narzędzia informatyczne nie wystarczają. Należało utworzyć takie modele i narzędzia, które pozwoliłyby zawrzeć tę wiedzę w systemie komputerowym. Dlatego zastosowano metody ML. Do tej pory technolog korzystał z katalogów narzędzi, w tym z katalogów w formie papierowej. W systemach komputerowych nie był ujęty np. stopień zużycia obrabiarki, dlatego często konieczne było określanie innych parametrów obróbki niż wskazane w katalogu. Wtedy technolog korzystał z własnych preferencji, wiedzy.

Na projektowanie procesów technologicznych ma wpływ wiele czynników, które technolog musi wziąć pod uwagę.

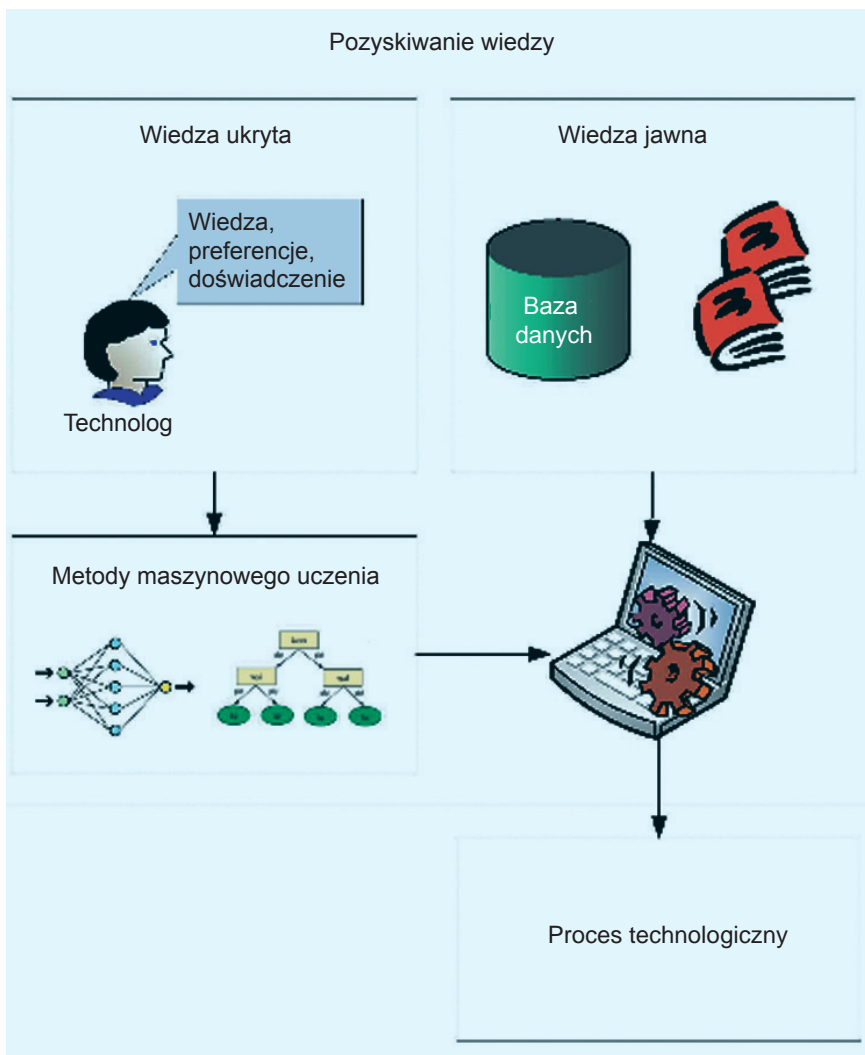
Są to m.in.: wielkość produkcji, sposób obróbki, materiał obrabianego przedmiotu, typ obrabiarki, rodzaj i dokładność obróbki oraz kształty obrabianych powierzchni. Tworzenie inteligentnych modeli jest niezbędne do tego, aby w systemie komputerowym zawrzeć wiedzę i doświadczenie technologa.

Metody ML w projektowaniu procesu technologicznego

Z definicji wynika, że ML zajmuje się analizą procesów uczenia się oraz tworzeniem systemów, które doskonałą swoje działanie na podstawie doświadczeń z przeszłości [5, 6].

ML umożliwia pozyskiwanie wiedzy na podstawie analizy zachowań ekspertów lub danych doświadczalnych. Dane często mają formę przykładów. Wiedza uzyskana metodami ML czasami jest jedyną drogą budowy modeli, gdy wiedza ekspercka nie jest dostępna lub gdy ekspert nie potrafi wyjaśnić swoich decyzji. Do metod maszynowego uczenia należą m.in. sieci neuronowe oraz drzewa decyzyjne.

Opracowana przez autorkę metoda projektowania procesów technologicznych z użyciem metod ML, zwłaszcza sieci neuronowych, polega na połączeniu trzech bloków wybranych sieci neuronowych w jeden system. Bloki służą do doboru obrabiarek, narzędzi i parametrów obróbki.

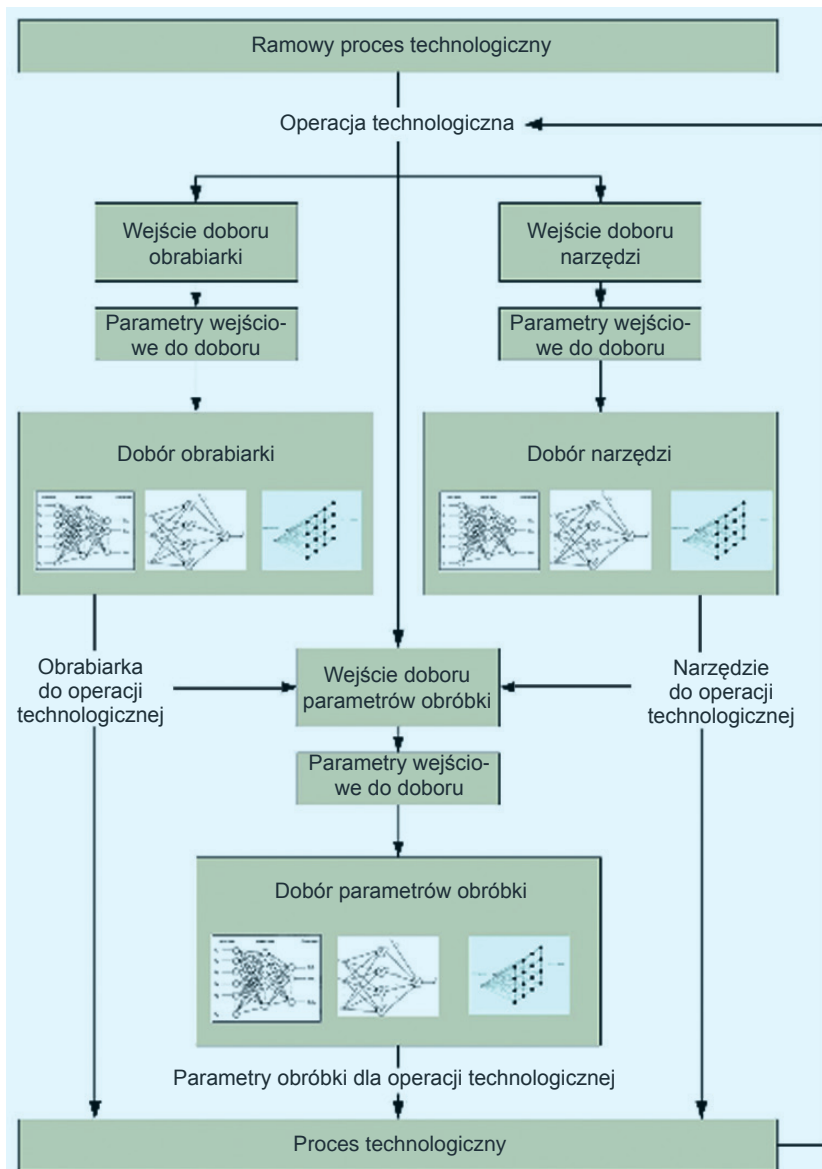


Rys. 1. Pozyskiwanie wiedzy technologicznej

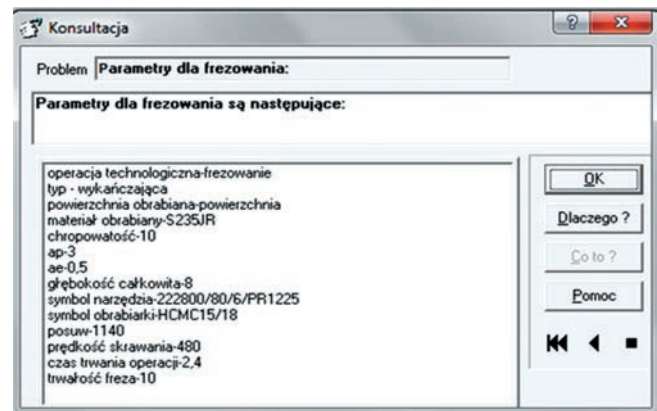
Na rys. 2 pokazano system trzech bloków sieci neuronowych, które dobierają po kolei obrabiarkę, narzędzie i parametry obróbki. Sieci te są budowane dla każdej czynności procesowej, czyli oddzielnie dla każdego wyboru tworzonego jest zbiór sieci neuronowych. Do budowy modelu stosuje się różne typy sieci neuronowych (MLP, RBF, Kohonen) o różnych strukturach – spośród nich zostały wybrane sieci o najlepszych właściwościach.

Zgodnie z definicją proces technologiczny może być uważany za sekwencję określonych operacji technologicznych, która stanowi ramowy proces technologiczny. Po określeniu ramowego procesu technologicznego dla każdej operacji procesu następuje właściwy dobór maszyn, narzędzi i parametrów obróbki z wykorzystaniem systemu trzech bloków sieci neuronowych.

Wyniki wszystkich trzech sieci neuronowych – tzn. symbol obrabiarki, symbol narzędzia i parametry obróbki – są przekazywane do modułu zbierania informacji dotyczących całego procesu technologicznego. Jego projektowanie kończy się po wykonaniu doborów dla wszystkich operacji ramowego procesu technologicznego [7]. Przykładowy dobór dla operacji frezowania z użyciem systemu ekspertowego wykorzystującego modele w postaci sieci neuronowych pokazano na rys. 3.



Rys. 2. Metoda projektowania procesu technologicznego z zastosowaniem sieci neuronowych [7]



Rys. 3. Wynik działania sieci neuronowych w systemie ekspertowym

Podsumowanie

Zastosowanie metody ML okazało się bardzo cennym narzędziem do pozyskania wiedzy technologicznej. Wynika to z faktu, że technolog często nie potrafi wyjaśnić swojej decyzji, aby na tej podstawie można było utworzyć klasyczne reguły występujące w systemach ekspertowych. Automatyczne korzystanie z przykładów procesów technologicznych już zaprojektowanych i zweryfikowanych podczas produkcji wyrobów jest bardzo dobrym sposobem odkrywania wiedzy wynikającej z doświadczenia technologów. Jest to istotne zwłaszcza w sytuacjach, gdy taka wiedza jest niedostępna bądź trudna do sformalizowania, niepełna i niepewna. System pozyskiwania wiedzy technologicznej, w którym zawarte są modele doboru, może wspomagać mniej doświadczonych technologów w trakcie projektowania procesów technologicznych.

Metody ML wprowadzają nową jakość do systemów CAPP i pozwalają na tworzenie systemu wspomaganego, który gromadzi wiedzę automatycznie i ma zdolność do adaptacji. Ma to szczególne znaczenie w przypadku tworzenia systemów CAPP dla złożonych systemów rzeczywistych.

LITERATURA

- Pajak E., Klimkiewicz M., Kosieradzka A. „Zarządzanie produkcją i usługami”. Warszawa: PWE, 2014.
- Ociepka P. “Application of the method based on technological knowledge and expertise for adding the design of a technological process”. *MATEC Web of Conferences*. Brasov, Romania: Transilvania Univ Brasov, 2017.
- Grabownik C., Kalinowski K., Kempa W., Paprocka I. “A Survey on CAPP systems development methods”. *Advanced Materials Research*. 837 (2014): s. 387–392.
- Gawlik J., Plichta J., Świć A. „Procesy produkcyjne”. Warszawa: PWE, 2013.
- Bandaru S., Ng A.H.C., Deb K. “Data mining methods for knowledge discovery in multi-objective optimization: Part A – Survey”. *Expert Systems with Applications*. 70 (2017): s. 139–159.
- Bo Z. “Research into technology decision methods of CAPP artificial intelligence”. *ACSR-Advances in Computer Science Research*. 37 (2016): s. 260–263.
- Rojek I. “Technological process planning by the use of neural networks”. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. 31, 1 (2017): s. 1–15.