

Problematyka modelowania powierzchni rozwijalnych w kontekście modelowania autogenerującego

Problems with designing of unfolding surfaces in the context of generative modelling

ANDRZEJ JAŁOWIECKI
WOJCIECH SKARKA*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.1.21>

Artykuł jest próbą nakreślenia problemów związanych z modelowaniem powierzchni rozwijalnych z wykorzystaniem systemów klasy CAX. Przedstawiono w nim podstawowe zagadnienia dotyczące modelowania takich obiektów oraz zaproponowano możliwe sposoby realizacji tego typu zadań. Uwaga autorów skupia się na wykorzystaniu technik modelowania autogenerującego w celu automatyzacji procesu projektowania powierzchni rozwijalnych.

SŁOWA KLUCZOWE: modelowanie autogenerujące, system rozproszony, powierzchnie rozwijalne, modelowanie powierzchniowe

This paper is an attempt to deal with problems related to designing of unfolded surfaces in CAX systems. In the paper main problems during a modelling process of such type objects are described. Additionally, some way of how to deal with this task are shown. Authors' main focus is on using the generative modelling techniques in order to automate the designing process of the unfolded surfaces.

KEYWORDS: generative modelling, distributed system, unfolded surfaces, surface modelling

Systemy klasy CAX stały się nieodłącznym narzędziem każdego konstruktora. Ciągły rozwój tego typu systemów pozwala w prosty, szybki i efektywny sposób tworzyć wirtualne modele obiektów. Mnogość specjalnych modułów, m.in. przeznaczonych do modelowania elementów blaszanych, zwalniają konstruktora z konieczności ciągłego kontrolowania wielu parametrów, np. związanych z gięciem blachy. Ponadto w każdym momencie projektowania można sprawdzić, czy model jest technologicznie poprawny (czy da się go rozwinąć). Te moduły idealnie się sprawdzają w przypadku, gdy mamy do czynienia z materiałami metalowymi, o bardzo dobrze znanym i stosunkowo prostym w opisie procesie odkształcania w trakcie gięcia, jednak w odniesieniu do materiałów o zupełnie innych właściwościach przestają spełniać swoje zadanie.

Istnieją obiekty posiadające tzw. powierzchnie rozwijalne, tj. takie płaty powierzchni, które ze względu na przeznaczenie mogą przybierać więcej niż jedną postać. Ta postać może być wymuszana przez szkielet, na którym płat powierzchni zostaje rozpięty, albo przez własności materiałowe. Przykładem prostego obiektu technicznego z elementami będącymi powierzchniami rozwijalnymi jest parasol. W ramach jego działania można wyróżnić dwa stany podstawowe – parasol złożony i rozłożony (rys. 1) – oraz wszystkie stany pośrednie. Parasol jest obiektem, w którym membrana jest rozpięta na odpowiednim szkielecie. Problem z modelowaniem tego obiektu w systemie CAD sprowadza się do odpowiedniego zamodelowania membrany – tak, by możliwe było przedstawienie obiektu

w co najmniej dwóch skrajnych stanach. Pole powierzchni membrany przed złożeniem i po złożeniu musi mieć taką samą wartość, a model powinien w miarę wiernie oddawać sposób układania się membrany po zwinięciu.



Rys. 1. Parasol w dwóch skrajnych stanach

W dalszej części artykułu autorzy nakreślili podstawowe problemy związane z modelowaniem powierzchni rozwijalnych oraz zaproponowali rozwiązanie takiego zadania z wykorzystaniem systemu rozproszonego, którego głównym elementem jest model autogenerujący utworzony w systemie klasy CAX.

Problemy związane z modelowaniem powierzchni rozwijalnych

Jak już wspomniano, głównym problemem w modelowaniu obiektów z powierzchniami rozwijalnymi jest uzyskanie tej samej wartości pola powierzchni przed jej rozłożeniem i po rozłożeniu. Można to osiągnąć metodą prób i błędów, lecz jest to proces czasochłonny i mało efektywny [1]. Najodpowiedniejszym sposobem wydaje się wykorzystanie aparatu matematycznego bazującego na rachunku całkowym. Mianowicie musi być spełnione równanie:

$$\iint_{S_u} f(x, y, z) dS_u = \iint_{S_f} f(x, y, z) dS_f$$

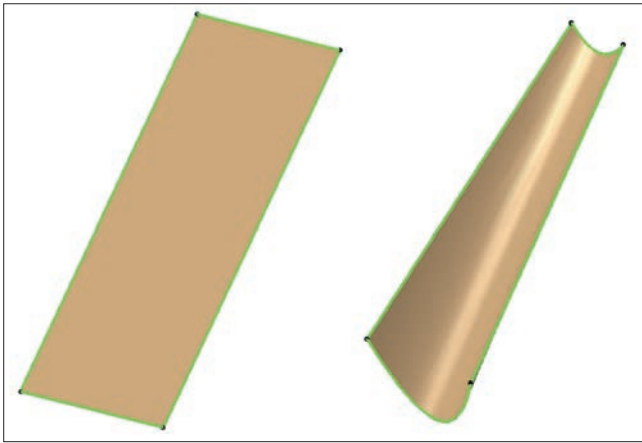
gdzie: S_u – płat powierzchni rozwinięty, S_f – płat powierzchni zwinięty

Do obliczenia pola płata powierzchni z wykorzystaniem całkowania konieczna jest znajomość równań krzywych, które ten płat opisują. Przykładowy płat powierzchni w dwóch stanach i z zaznaczonymi krzywymi, które go opisują, przedstawiono na rys. 2.

Określenie funkcji krzywych opisujących płat powierzchni nastrocza problemów związanych ze sposobem przewidywania zachowania się materiału w trakcie zwijania [1]. To, jak materiał będzie się układał, zależy – bezpośrednio lub pośrednio – od wielu czynników, takich jak:

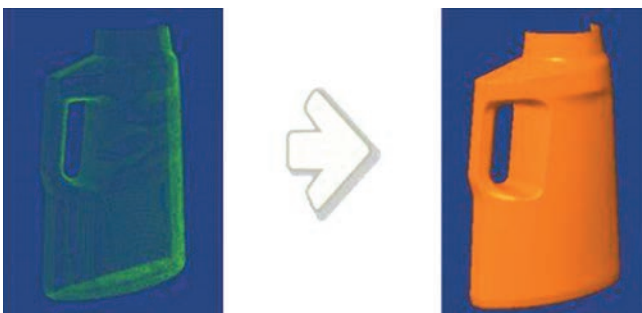
- sztywność materiału,
- liczba punktów stałych wynikających z postaci szkieletu, na którym rozpięty jest płat powierzchni,
- kierunek działania sił (m.in. siły ciężkości).

* Mgr inż. Andrzej Jałowiecki (andrzej.jalowiecki@polsl.pl), dr hab. inż. Wojciech Skarka, prof. Politechniki Śląskiej (wojciech.skarka@polsl.pl) – Politechnika Śląska



Rys. 2. Płat powierzchni z oznaczonymi krzywymi go opisującymi

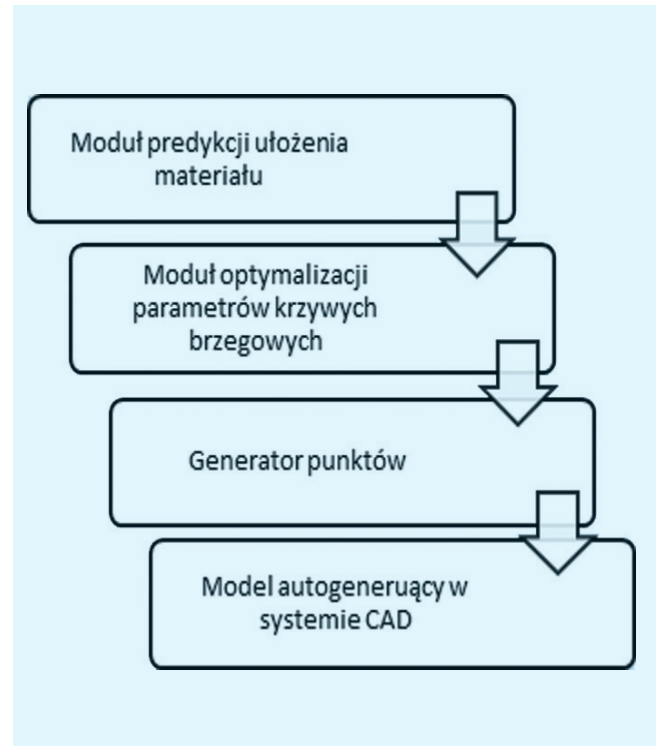
Jeżeli wiadomo, w jaki sposób ułożyć się powierzchnia, można dopasować równania opisujące poszczególne krzywe brzegowe i tym samym obliczyć pole płata. Aby spełnić warunek równości pól powierzchni, konieczne jest przeprowadzenie optymalizacji w celu dobrania odpowiednich wartości parametrów krzywych opisujących dany płat powierzchni. Gdy znane są postać równań i wartości parametrów, możliwe jest zamodelowanie płata powierzchni w systemie CAD. Każdorazowe ręczne wprowadzanie równań do systemu CAD i generowanie na ich podstawie powierzchni zajmowałoby dużo czasu, dlatego lepszym sposobem jest automatyczne przesyłanie informacji o płacie powierzchni. Może się to odbywać przez wygenerowanie współrzędnych chmury punktów, która byłaby następnie importowana do systemu CAD (rys. 3). Na tak przygotowanych punktach można rozpiąć powierzchnię, przy czym sterowanie dokładnością tej powierzchni odbywa się przez odpowiedni dobór liczby punktów. Dodatkowym atutem tej metody jest możliwość automatyzacji procesu przez wykorzystanie makr. Innym sposobem jest zastosowanie modelu autogenerującego, którego geometrię wejściową stanowiłyby chmura punktów lub sparametryzowane krzywe brzegowe. Użycie krzywych brzegowych w postaci parametrycznej pozwala na generowanie powierzchni płata w większej liczbie stanów pośrednich.



Rys. 3. Przekształcenie chmury punktów w płat powierzchni

Propozycja systemu rozproszonego do generowania powierzchni rozwijalnych

Na rys. 4 przedstawiono schemat systemu rozproszonego z wyszczególnionymi głównymi etapami procesu. Ten system jest próbą rozwiązania wspomnianych wcześniej problemów z modelowaniem powierzchni rozwijalnych [2].

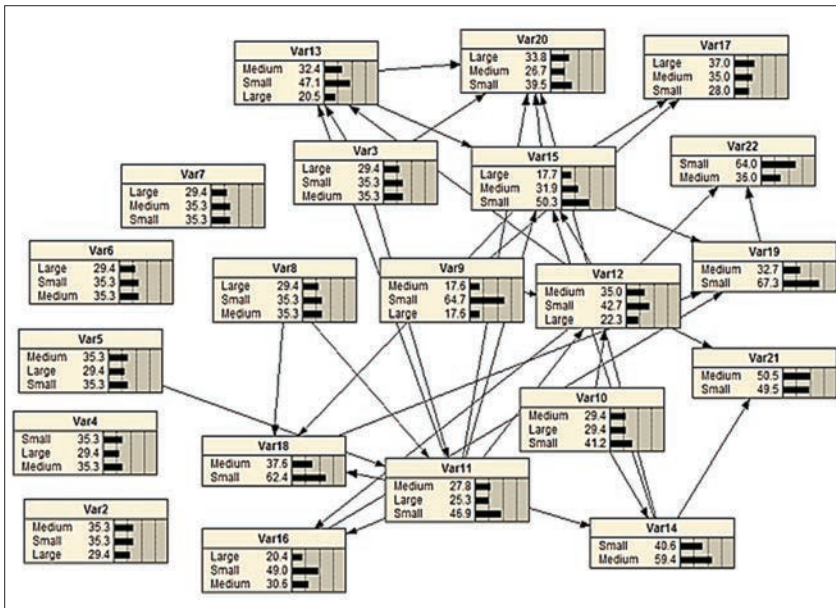


Rys. 4. Schemat systemu rozproszonego

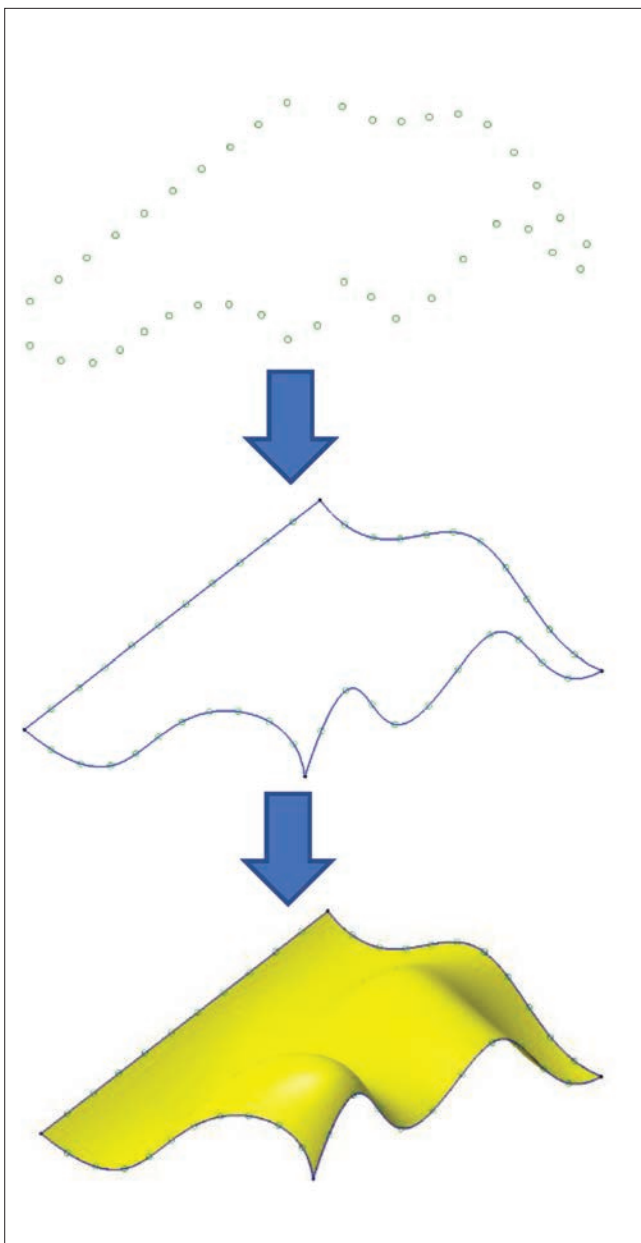
Pierwszym elementem przedstawionego systemu rozproszonego jest układ predykcji ułożenia materiału, który ma za zadanie oszacować prawdopodobieństwo ułożenia się materiału w zależności od narzuconych danych wejściowych [3]. Zakłada się, że ten układ będzie bazować na sieci Bayesa (rys. 5), co pozwoli w prosty sposób opracować sieć zdolną do przypisania prawdopodobieństwa ułożenia się materiału dla wcześniej zdefiniowanych schematów. Ze względu na złożoność zagadnienia konieczne będzie opracowanie sieci odpowiedniej dla konkretnego przypadku zastosowania. Inne schematy ułożenia materiału muszą być uwzględnione w przypadku parasola, a inne np. dla plan-deki samochodu ciężarowego [3]. Przewiduje się, że opracowany system będzie narzędziem wyspecjalizowanym, wspomagającym projektowanie konkretnego elementu. Wynik dla schematu ułożenia o najwyższym prawdopodobieństwie stanie się bazą dla kolejnego modułu.

Bazując na wynikach z modułu predykcji, moduł optymalizatora parametrów będzie w stanie dobrać takie wartości parametrów opisujących poszczególne krzywe brzegowe, aby spełniony został warunek równości pól powierzchni płatów w obu postaciach. Moduł ten może bazować na skrypcie utworzonym z wykorzystaniem oprogramowania SciLab, MATLAB [3, 4] itp. Pozwoli to na kaskadową optymalizację poszczególnych parametrów w celu uzyskania satysfakcjonujących wyników. Należy jednak mieć na uwadze, że proces optymalizacji będzie się mógł zakończyć jedynie w przypadku spełnienia przywołanego na wstępie równania. To może się wiązać z bardzo długim czasem pracy programu, więc konieczne wydaje się zastosowanie dopuszczalnych odchyłek pomiędzy wynikami w zależności od wymagań i rodzaju modelowanego elementu [4].

Gdy znana jest dokładna postać równań opisujących krzywe brzegowe płata powierzchni, możliwe jest wygenerowanie określonej liczby punktów – albo w postaci chmury obejmującej cały płat powierzchni, albo jedynie w postaci współrzędnych punktów leżących na brzegach płata – które posłużą do wygenerowania modelu z użyciem narzędzi systemu CAD.



Rys. 5. Przykładowa sieć przekonań



Rys. 6. Schemat przekształcania zbioru punktów w płat powierzchni

Ostatnim elementem systemu jest model przygotowany w systemie CAD. Autorzy proponują wykorzystanie modelu autogenerującego w celu zautomatyzowania procesu generowania postaci poszczególnych płatów powierzchni [2, 5]. Model ten byłby w stanie samodzielnie, na podstawie informacji zaimportowanych w postaci współrzędnych punktów przeprowadzić proces modelowania powierzchniowego, czego ostatecznym efektem byłby model powierzchniowy obiektu w postaci zwiniętej bądź rozwiniętej – zależnie od potrzeb (rys. 4) [5].

Podsumowanie

Przedstawiona w niniejszym artykule propozycja systemu rozproszonego jest próbą rozwiązania problemu z modelowaniem takich powierzchni, które podczas eksploatacji zmieniają swoją formę, lecz zachowują ciągłość materiału, przy

czym proces ten jest całkowicie odwracalny. Dostępne moduły przeznaczone do modelowania obiektów powstających w procesie składania bądź zwijania są nieocenione w przypadku modelowania elementów blaszanych, lecz nie radzą sobie ze specyficznymi wymaganiami prezentowanych w artykule powierzchni.

Wydawać by się mogło, że omawiane powierzchnie mają marginalne znaczenie i nie ma potrzeby ich modelowania. Zaprezentowany na wstępie problem z modelowaniem membrany parasola to jedynie jeden przykład zastosowania powierzchni rozwijalnych. Tymczasem są one wykorzystywane w wielu dziedzinach, m.in. w przemyśle motoryzacyjnym (poduszki powietrzne, składane poszycia dachu, plancki samochodów ciężarowych), kosmicznym (rozwijalne panele słoneczne, żagle słoneczne) czy medycznym (implanty zastawek serca, stenty). Możliwość zamodelowania sposobu, w jaki dany płat powierzchni będzie się zachowywał w trakcie zwijania, może być nieoceniona np. w przypadku konieczności przeprowadzenia dokładniejszych symulacji MES czy wygenerowania dokładniejszej dokumentacji technicznej obiektu.

W dalszej kolejności autorzy zamierzają opracować następne moduły przedstawionego systemu rozproszonego, aby finalnie uzyskać narzędzie pozwalające na szybkie i dokładne modelowanie powierzchni rozwijalnych.

LITERATURA

1. Welyczko A. „CATIA V5. Sztuka modelowania powierzchniowego”. Helion, 2009.
2. Rzydzik S. „Rozproszony system komputerowego wspomagania procesu projektowo-konstrukcyjnego”. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2013.
3. Koski T., Noble J.M. „Bayesian Networks. An Introduction”. Wiley, 2009.
4. Cees B. “Multidisciplinary Design Optimization: Designed by Computer” *Concurrent Engineering in the 21st Century. Foundation, Development. Challenges.* Springer, 2015.
5. Jałowiecki A., Skarka W. “Generative Modelling in Ultra-efficient vehicle design”. *Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries.* IOS Press, 2016.