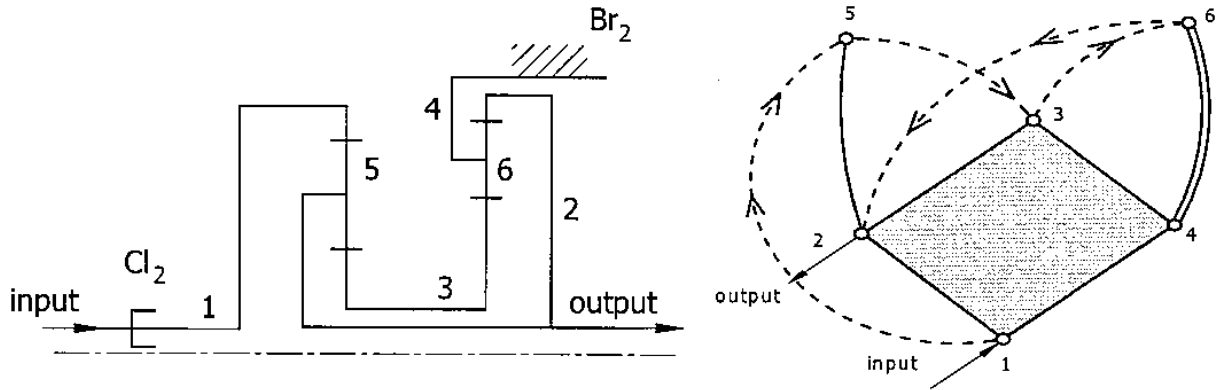


dr inż. Adam Deptuła  
 Politechnika Opolska  
 E-mail: a.deptula@po.opole.pl

## Kompleksowe struktury rozgrywające parametrycznie dla grafu Hsu w analizie automatycznych skrzynek przekładniowych

Graf w sensie teorii grafów związany jest z wieloma innymi strukturami algebraicznymi, jak np. macierze, matroidy, liczby strukturalne, przestrzenie liniowe odcień. Obiekty te umożliwiają kodowanie struktury przekładni, co pozwala na zastosowanie zaawansowanych algorytmów sztucznej inteligencji: ewolucyjnych, mrówkowych, genetycznych lub immunologicznych. Cel modelowania przekładni grafami jest różnorodny, m.in. analiza dynamiczna, analiza kinematyczna, synteza, analiza struktury i enumeracja [1, 2, 3]. Dla automatycznych skrzynek przekładniowych analizę prowadzi się dla każdego biegu oddzielnie wprowadzając pewne przekształcenia odpowiednich grafów.

Na rysunku 1 przedstawiono uproszczony schemat przekładni dla pierwszego biegu oraz graf Hsu dla tego biegu [4, 5].



Rys. 1. Schemat funkcjonalny przekładni dla pierwszego biegu oraz graf Hsu

Dla grafu ze ścieżką od wejścia do wyjścia z rysunku 1, można zbudować zbiór  $D$  struktur rozgrywających parametrycznie:

$$D = \{G_{q1}^+, G_{q2}^+, G_{q3}^+, G_{q4}^+, G_{q5}^+, G_{q6}^+\}. \quad (1)$$

Przestrzegając algorytmu rozkładu grafu przepływu sygnałów od każdego z wierzchołków otrzymuje się następujące struktury rozgrywające parametrycznie:

$$G_{q1}^+ = ({}^0q_1({}^1\omega_1q_5({}^2\omega_5q_3({}^3\omega_3q_6({}^4\omega_4\omega_6q_4({}^5\omega_4\omega_6q_6, kq_1, kq_3)^5, \omega_6q_2({}^5kq_3, kq_1, \omega_2\omega_5q_5)^5)^4, kq_4, kq_2)^3, \omega_2\omega_5q_2)^2, kq_4, kq_2)^1)^0 \quad (2)$$

$$G_{q2}^+ = ({}^0q_2({}^1kq_3({}^2\omega_3q_6({}^3\omega_4\omega_6q_4({}^4\omega_4\omega_6q_6, kq_1({}^5\omega_1q_5({}^6\omega_5q_3, \omega_2\omega_5q_2)^6, kq_2)^5, kq_3)^4, \omega_6q_2)^3)^2, kq_1, \omega_2\omega_5q_5)^1)^0 \quad (3)$$

$$G_{q3}^+ = ({}^0q_3({}^1\omega_3q_6({}^2\omega_4\omega_6q_4({}^3\omega_4\omega_6q_6, kq_1({}^4\omega_1q_5({}^5\omega_5q_3, \omega_2\omega_5q_2({}^6kq_3, kq_1)^6)^5, kq_2)^4, kq_3)^3, \omega_6q_2)^2, kq_2, kq_4)^1)^0 \quad (4)$$

$$G_{q4}^+ = ({}^0q_4({}^1\omega_4\omega_6q_6({}^2\omega_4\omega_6q_4, \omega_6q_2({}^3kq_3({}^4\omega_3q_6, kq_4)^4, kq_1({}^4\omega_1q_5({}^5\omega_5q_3, \omega_2\omega_5q_2)^5, kq_2, kq_4)^4, \omega_2\omega_5q_2)^3)^2, kq_3, kq_1)^1)^0 \quad (5)$$

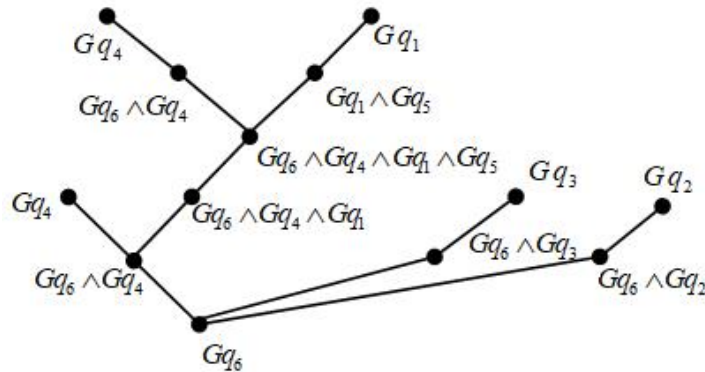
$$G_{q_5}^+ = ({}^0q_5({}^1\omega_5q_3({}^2\omega_3q_6({}^3\omega_4\omega_6q_4({}^4kq_1({}^5\omega_1q_5, kq_2({}^6kq_3, kq_1, \omega_2\omega_5q_5)^6, kq_4)^5, kq_3, \omega_4\omega_6q_6)^4, \omega_6q_2)^3, kq_4, kq_2)^2, \omega_2\omega_5q_5)^1)^0 \quad (6)$$

$$G_{q_6}^+ = ({}^0q_6({}^1\omega_4\omega_6q_4({}^2\omega_4\omega_6q_6, kq_1({}^3\omega_1q_5({}^4\omega_5q_3({}^5\omega_3q_6, kq_4, kq_2({}^6kq_3, kq_1, \omega_2\omega_5q_5)^6)^5, \omega_2\omega_5q_5)^4, kq_2, kq_4)^3, kq_3)^2, \omega_6q_2)^1)^0 \quad (7)$$

Istotną rzeczą jest wyodrębnienie z grafu zależności najważniejszych stanów i decyzji determinowanych przez wierzchołki i krawędzie. W tym celu buduje się kompleksowe drzewa rozgrywające parametrycznie [6, 7]. W grafie zależności Hsu z rysunku 1 istnieje zbiór  $S$  kompleksowych struktur rozgrywających parametrycznie:

$$S = \{S_{G_{q_1}}, S_{G_{q_2}}, S_{G_{q_3}}, S_{G_{q_4}}, S_{G_{q_5}}, S_{G_{q_6}}\}, \quad (8)$$

gdzie np.  $S_{G_{q_6}}$  (Rys. 2) struktura kompleksowa z nałożonymi wszystkimi strukturami drzewiastymi rozgrywającymi parametrycznie ze zbioru  $D$  na strukturę rozgrywającą parametrycznie od ustalonego wcześniej wierzchołka  $G_{q_6}^+$ .



Rys. 2. Kompleksowa struktura rozgrywająca parametrycznie  $S_{G_q}$

Ostatecznie uzyskuje się połączenie nakładkowe identycznych fragmentów w sensie graficznym, ale występujących w różnych takich strukturach. Aby uzyskać węzeł pełny [7], należy dokonać połączenia nakładkowego na wszystkich strukturach zbioru  $D$ . Dodatkowo konieczne jest uwzględnienie złożoności obliczeniowej w analitycznym zapisie takich struktur [8].

### Literatura

- [1] S. Uematsu, *An application of graph theory to the kinematic analysis of planetary gear trains*, Int. Journal of the Japan Soc. for Precis. Eng. 31 (1997), 141–146.
- [2] J. Drewniak, S. Zawiślak, *Synthesis of planetary gears by means of artificial intelligence approach especially graph-theoretical modeling*, Solid State Phenomena 164 (2010), 243–248.
- [3] A. Deptuła, J. Drewniak, M.A. Partyka, *Analiza przekładni planetarnej zamodelowanej grafem konturowym z uwzględnieniem metody struktur rozgrywających parametrycznie*, Mechanik 7/2017, 640–642, ISSN 0025-6552.
- [4] A. Deptuła, *Analiza automatycznych skrzynek przekładniowych z uwzględnieniem logicznych drzew decyzyjnych*, XLVI Konf. Zast. Mat., Zakopane, 2017.
- [5] S. Zawiślak, *The Graph-based Methodology as an Artificial Intelligence Aid for Mechanical Engineering Design*, Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej, Bielsko-Biała, 2010.
- [6] A. Deptuła, M.A. Partyka, *Kompleksowe struktury rozgrywające parametrycznie w badaniu własności dynamicznych układów maszynowych*, IV Konferencja Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Zakopane 2011, Pol. Towarz. Zarz. Prod. PTZP, 2011.
- [7] A. Deptuła, M.A. Partyka, *Podobieństwa i różnice kompleksowych struktur rozgrywających parametrycznie w badaniu własności dynamicznych układów maszynowych*, Zeszyty Naukowe WSOWL, Nr 3 (165) 2012, Wrocław 2012.
- [8] A. Deptuła, A.M. Deptuła, *Uwzględnienie złożoności obliczeniowej w analitycznym zapisie struktur rozgrywających parametrycznie dla grafu Hsu*, XLVII Konf. Zast. Mat., Zakopane, 2018.