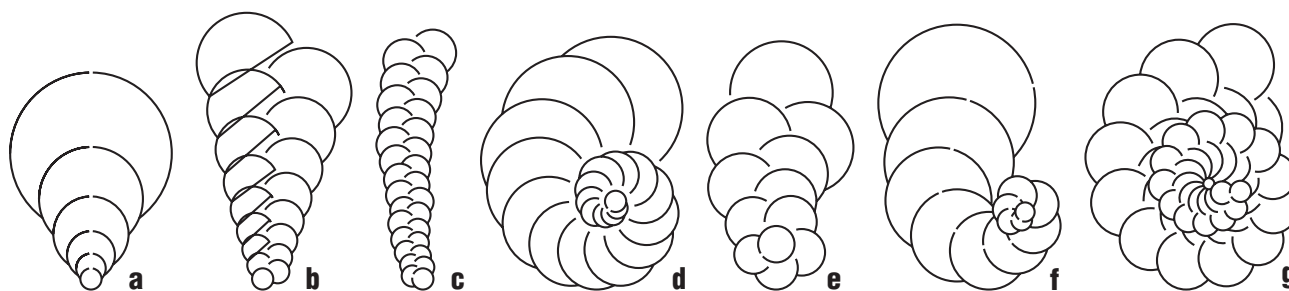


Modelowanie morfogenezy otwornic: ocena krytyczna oraz wstępne wyniki symulacji

Jarosław Tyszka*, Paweł Topa**, Paweł Łabaj***

Niewyobrażalne bogactwo form skorupek otwornic było przedmiotem zainteresowania badaczy od początku XX w. W 1969 r. powstał pierwszy systematyczny model wzrostu otwornic planktonicznych, opracowany przez W. H. Bergera. Model ten generuje dwuwymiarowe planispiralne skorupki otwornic z kulistymi komorami na podstawie trzech zmiennych parametrów. Wszystkie kolejne modele powielają zasadnicze założenia modelu Bergera, modyfikując lub uzupełniając jego parametry. Ich podstawą są transformacje geometryczne wykonywane względem hipotetycznego i stałego układu współrzędnych oraz brak uwzględnienia pozycji ujścia. W praktyce symulacja polega na rotowaniu kul lub okręgów (komór) o pewien kąt względem stałej osi lub środka układu, w połączeniu ze zmianą ich wielkości. Rezultatem jest ograniczona ilość prostych skorupek, nie uwzględniających form o zmien-

ze względu na trudność w definiowaniu pozycji ujścia w kolejnych komorach otwornic. Zatem następną istotną propozycją jest wprowadzenie ujścia, które stanowi ruchomy punkt odniesienia dla układu współrzędnych. Jest to podejście znacznie bardziej naturalne od poprzednich, ponieważ opiera się na realnej morfogenezie otwornic (ryc. 1). Istotnym elementem modelu jest sposób lokalizacji ujścia w dobudowywanych komorach. Zastosowano tu „lokalną ścieżkę komunikacji” pomiędzy ujściem ostatniej komory, a ujściem nowej dobudowywanej komory. Zatem odległość pomiędzy sąsiednimi ujściami w każdym osobniku jest odległością najmniejszą z możliwych. Wykorzystano tu sugestie Hottingera (1978) i Brasiera (1982) o tendencji otwornic do skracania globalnej komunikacji w komórce otwornicy poprzez selektywną lokalizację ujść. Jednak w naszym podejściu, podkreślona jest rola minimalizacji



Ryc. 1. Przykłady dwuwymiarowych symulacji otwornic o różnych formach wzrostu: (a) jednoseryjnym, (b, c) dwuseryjnym, (d) spiralnym, (e) spiralno-dwuseryjnym, (f) spiralnym przechodzącym w jednoseryjny, (g) dwuseryjnie-spiralnym. Wszystkie wzory skorupek mają swoje odpowiedniki w przyrodzie

nych wzorach ułożenia komór (np. formy planispiralne przechodzące w jedno- lub dwuseryjne).

Wstępnie opracowywany model całkowicie odrzuca stały układ odniesienia, na rzecz układu ruchomego, związanego z pozycją ujścia w kolejnych komorach otwornicy (Topa & Tyszka, 2002). Układ taki został po raz pierwszy zastosowany przy modelowaniu muszli amonitów (Okamoto, 1988). Jednak przeniesienie tego pomysłu na grunt otwornicowy było do tej pory bardzo kłopotliwe,

odległości lokalnej pomiędzy kolejnymi ujściami. Jego istotą jest wniosek, iż lokalna minimalizacja odległości pomiędzy kolejnymi ujściami nie musi powodować globalnej minimalizacji połączenia między pierwszą komorą (prolokulesem), a ostatnim ujściem otwornicy. Dobrym przykładem takiej „globalnej maksymalizacji” jest skorupka otwornic rodzaju *Lenticulina*.

Model został zaimplementowany w języku C++ przy wykorzystaniu biblioteki OpenGL, będącej aktualnie standardem w zakresie grafiki komputerowej i wizualizacji naukowej. Wykorzystanie biblioteki rozszerzającej GLUT pozwala na łatwe przenoszenie aplikacji między różnymi platformami np. Windows i Unix/Linux. Ponadto przygotowano osobny program, będący „apletem” napisanym w języku Java, przy użyciu dodatkowego pakietu Java3D, umożliwiającego tworzenie złożonych prezentacji graficznych. Program ten będzie dostępny w Internecie przy wykorzystaniu przeglądarki WWW (np. Netscape) i dodatku do przeglądarki Java Plug-in. Wstępne implementacje przedstawionego modelu dowodzą (ryc. 1), że jego założenia są słuszne i mogą być podstawą do dalszych inten-

*Polska Akademia Nauk, Instytut Nauk Geologicznych, Ośrodek Badawczy, ul. Senacka 1, 31-002 Kraków; ndtyszka@cyf-kr.edu.pl

**Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Informatyki, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; topa@uci.agh.edu.pl;

***Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Informatyki, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; wodzu@gower.pl

sywnych prac. Badania mają na celu poznanie podstawowych praw rządzących morfogenezą otwornic oraz przygotowanie środowiska „wirtualnej hodowli” otwornic. Powstałe oprogramowanie będzie służyć celom badawczym i dydaktycznym.

Literatura

BERGER W.H. 1969 — Planktonic foraminifera: basic morphology and ecologic implications. *J. Paleont.*, 6: 1369–13 83.

BRASIER M.D. 1982 — Foraminiferid architectural history. *J. Micro-palaeont.*, 1: 95–105.

HOTTINGER L. 1978 — Comparative anatomy of elementary shell structures in selected larger foraminifera. [In:] Hedley R.H., Adams C.G. (eds.) *Foraminifera*, 3: 203–266.

OKAMOTO T. 1988 — Analysis of heteromorphy ammonoids by differential geometry. *Palaeontology*, 31: 35–52.

TOPA P. & TYSZKA J. 2002 — Local Minimization Paradigm in Numerical Modelling of Foraminiferal Shells. *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 2329: 97–106.