



NARODOWA AGENCJA
WYMIANY AKADEMICKIEJ

**Wspólne projekty badawcze NAWA pomiędzy Rzeczpospolitą Polską a Republiką Francuską PHC
Polonium**

„Dynamika wzrostu sieci transportowych w układach fizycznych i biologicznych”

prof. dr hab. Piotr Szymczak

Zrozumienie funkcjonowania żywych organizmów nie jest możliwe bez poznania procesów, które rządziły ich rozwojem ewolucyjnym. Kiedy w procesie ewolucji organizmy powiększały swoje rozmiary, musiały znaleźć sposoby na przekroczenie progu niewielkich odległości, na których transport dyfuzyjny jest wystarczająco efektywny, aby zapewnić wymianę gazów i składników odżywczych ze środowiskiem. Jednym z najpowszechniejszych rozwiązań zapewniających aktywny transport na większych odległościach okazała się budowa sieci transportowych, takich jak sieć naczyń krwionośnych, sieć korzeni czy żyłkowanie liści. Sieci takie mogą przyjmować różne kształty. Mogą one tworzyć struktury silnie rozczłonkowane, złożone z gałęzi, które wzrastają i czasami dzielą się na kilka. Może też się zdarzyć, że gałęzie podczas wzrostu nie tylko dzielą się, ale i łączą, co prowadzi do powstawania struktur zapętlnionych. Sieci z wieloma pętlami wydają się być idealnie dostosowane do aktywnego transportu tlenu lub składników odżywczych do każdej komórki w organizmie i odprowadzania produktów przemiany materii. O skuteczności pętli można też wnioskować pośrednio, z faktu iż właśnie takie struktury przeważają u organizmów bardziej rozwiniętych ewolucyjnie. I tak, liście pierwotnych roślin były wyposażone w rozgałęzione struktury żyłkowe bez pętli, a u roślin bardziej ewolucyjnie zaawansowanych ponowne połączenia i pętle występują bardzo często. Istotnym walorem sieci zapętlnionych jest też ich mniejsza podatność na uszkodzenia – w sieciach bez pętli zniszczenie jednej gałęzi może odciąć wszystkie gałęzie do niej podłączone, podczas gdy w sieciach z pętlami zawsze istnieje inne połączenie z resztą układu. Kluczowym pytaniem w kontekście morfogenezy jest to, jak ewoluują sieci biologiczne i w jakim stopniu wzrostem struktur w żywych systemach rządzą geny, a w jakim są one napędzane przez procesy fizyczne. Innymi słowy, czy - zamiast kodować konkretne szczegóły danego kształtu czy cechy poszczególnych organów - geny mogłyby zaprogramować zestaw instrukcji dla komórek, jak wykorzystać procesy fizyczne, aby uzyskać pożądany kształt? Nauki fizyczne mogą pomóc w rozszyfrowaniu morfogenezy sieci biologicznych, ponieważ natura nieożywiona oferuje szerokie spektrum procesów samoorganizacji, w wyniku których powstają rozczłonkowane struktury: wyładowania elektryczne, procesy solidyfikacji stojące za powstawaniem dendrytów i płatków śniegu, powstawanie sieci rzecznych i delt rzecznych, i wiele innych. Zrozumienie dynamiki tych procesów może pomóc nam w uchwyceniu zależności rządzących ewolucją sieci przestrzennych również i w organizmach żywych. Wiele procesów wzrostu w układach biologicznych wywoływanych jest przez pewne fizyczne pole skalarne. Jest tak m.in. we przypadku tworzenia sieci żył w roślinach, wzrostu naczyń krwionośnych, powstawania płuc czy wzrostu kolonii bakteryjnych. Wzrost sieci można wtedy modelować jako ewolucję gałęzi wzrastających wzdłuż linii pola z prędkościami

zależnymi od gradientów pola. Zarówno pole jak i sieć ewoluują w czasie, ponieważ rosnąca sieć zmienia warunki brzegowe w równaniu różniczkowym opisującym natężenie pola. Wzrost sieci składa się zwykle z trzech podstawowych elementów: wydłużania gałęzi na końcach, bifurkacji gałęzi (czyli rozdwojenia jednej gałęzi na dwie) i tworzenia ponownych połączeń między gałęziami, w wyniku których powstają pętle. Te dwa pierwsze procesy są obecnie stosunkowo dobrze poznane, lecz niewiele wiadomo o trzecim i właśnie to zagadnienie będzie obszarem zainteresowania niniejszego projektu – jakie procesy fizyczne są odpowiedzialne za morfogenezę zapętlonych sieci?

(2023-01-01 - 2024-12-31)