

Cel projektu

Wielofazowe przepływy turbulenty, czyli przepływy turbulenty zawierające dodatkowy składnik poza ośrodkiem (fazą) płynącym, są obecne w wielu naturalnych układach. Takie przepływy charakteryzują się niezwykle złożonym opisem matematycznym zachodzących w nich zjawisk. Jednym z takich skomplikowanych układów jest chmura atmosferyczna. Przy pewnym uproszczeniu chmurę możemy traktować jako zbiór ciężkich (o gęstości większej niż płynu), bezwładnych (o niezerowej masie), opadających pod wpływem grawitacji kropelek oddziałujących z turbulentnym powietrzem. Turbulentny przepływ w atmosferze różni się znacznie od większości znanych z laboratoriów i przemysłu przepływów. Różnica ta zasadza się przede wszystkim na ogromnym zakresie skal rozpiętym pomiędzy najmniejszymi i największymi wirami, od części milimetra do kilometrów. Inną ważną jego cechą jest stosunkowo mało intensywna i bardzo nierównomierna w przestrzeni i czasie zamiana energii kinetycznej na ciepło w najmniejszych wirach (tzw. dyssypacja energii kinetycznej). Pomimo, że badania nad dynamiką takich cząstek w turbulencji są od lat przedmiotem intensywnych badań niewiele można dotychczas wyciągnąć z nich ostatecznych wniosków, szczególnie jeśli chodzi o kropelki chmurowe w atmosferze. Jednym z tematów tych badań, który może być szczególnie użyteczny w odniesieniu do chmur jest tzw. klastryzacja. Nawet bardzo małe cząstki dzięki inercji i działającej na nie grawitacji odrywają się od niosącego je przepływu turbulenty i nie podążają za nim dokładnie, a w pewnych przypadkach tworzą klastry. Celem tego projektu jest opracowanie nowatorskiego podejścia do opisu procesu klastryzacji. Metoda ta będzie wykorzystywać podejście zarówno statystyczne jak i geometryczne w celu znajdowania spójnych struktur przyciągających lub odpychających cząstki w przepływie. Przykładem takiej struktury odpychającej może być bardzo silny i długotrwały wir z którego cząstki są wyrzucane na zewnątrz przez siłę odśrodkową. Składowe cele projektu, które mogą stać się niezależnymi interesującymi wynikami to:

- a. Porównanie działania metod opracowanych w celu znajdowania struktur koherentnych w przepływie płynu w przypadku zastosowania ich do przepływu z cząstkami
- b. opracowanie numerycznej metody znajdowania struktur koherentnych dla ciężkich, inercyjnych, opadających cząstek w symulowanej turbulencji.

Opis badań

Po pierwsze przeprowadzimy porównanie kilku najbardziej obiecujących metod szukania struktur koherentnych opracowanych dla przepływu płynu w przypadku przepływu kropelek w testowych stacjonarnych przepływach, zarówno w 2 jak i 3 wymiarach. Następnie przeprowadzimy symulacje numeryczne metodą Direct Numerical Simulation (DNS), która to rozwiązuje równania ruchu płynu bez przyjęcia modelu turbulencji. Przepływ oraz cząstki będą miały właściwości kropelek chmurowych w powietrzu. Wnioski z pierwszej części projektu zostaną wykorzystane do opracowania metody do zastosowania w tych masywnych symulacjach numerycznych. Ważnym krokiem będzie zdefiniowanie miary która pozwoli ilościowo opisać rodzaje i częstotliwość występowania struktur koherentnych w przepływach z cząstkami. Miara ta zostanie wykorzystana do porównania wyników uzyskanych różnymi metodami oraz do porównywania wyników symulacji dla różnych parametrów turbulencji i cząstek. Rozwój metody i jej testy zostaną wykonane przy pomocy pakietu obliczeniowego Matlab.

Powody podjęcia tematyki badawczej

Ciepłe, płytkie chmury konwekcyjne, takie jak subtropikalne stratocumulusy i tropikalne płytkie cumulusy pokrywające znaczną część strefy tropikalnej i subtropikalnej są niezwykle istotne dla klimatu na Ziemi i jego zmian. Stosunkowo niewielka zmiana ich właściwości jest w stanie zrównoważyć wpływ antropogenicznej emisji dwutlenku węgla. Deszcz padający z ciepłych chmur (tzw. ciepły deszcz) stanowi w przybliżeniu 30% całkowitych opadów deszczu na Ziemi i 70% opadów deszczu w strefie tropikalnej. Projekt ten jest częścią badań mających na celu lepsze zrozumienie procesów rządzących dynamiką ciepłych chmur i powstawaniem ciepłego deszczu. Dzięki temu może doprowadzić do ulepszenia prognoz pogody i modeli klimatu. Co więcej projekt ten ma na celu rozwiązywanie problemów spotykanych także w innych niż fizyka atmosfery dziedzinach badań takich jak oceanologia (formowanie tzw. morskiego śniegu), astrofizyka (powstawanie planet) czy inżynieria (spalanie w silnikach, mieszanie odczynników, osadzanie w rurach). Dlatego też wyniki projektu mogą stać się uniwersalne i znaleźć szerokie zastosowań.