

Praca dyplomowa inżynierska

Opracowanie programu komputerowego do symulacji dyspersji zanieczyszczeń w środowisku atmosferycznym



Autor: Dominik Halota

Nr albumu: 268673

Promotor: dr inż. Michał Lewak

Rok akademicki: 2018/2019

Wprowadzenie

Wiele procesów chemicznych i fizycznych prowadzi do uwolnienia do powietrza niebezpiecznych substancji. Wykorzystanie metod modelowania matematycznego dyspersji zanieczyszczeń pozwala przewidzieć rozkład stężenia substancji w przestrzeni, a co za tym idzie zminimalizować negatywne skutki jej obecności.

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest sporządzenie oprogramowania w środowisku Matlab, umożliwiającego dokonanie symulacji procesu dyspersji zanieczyszczeń zachodzącej w atmosferze. Program w swoim działaniu wykorzystuje modele analityczne, pozwalające na dokonanie obliczeń, które w sposób przybliżony odzwierciedlają przebieg procesu. Zakres pracy obejmuje:

- Dokonanie przeglądu literatury, pod kątem modeli obliczeniowych, możliwych do zaimplementowania w oprogramowaniu.
- Opis teoretyczny procesu dyspersji zanieczyszczeń.
- Implementacja w języku Matlab kodu programu.
- Analizę funkcjonalności programu i użytych w nim formuł obliczeniowych.

Dyspersja zanieczyszczeń w atmosferze

Dyspersja zanieczyszczeń w środowisku atmosferycznym polega na rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń w wyniku dyfuzji oraz konwekcji. Jest to proces złożony, którego charakter zależy od szeregu czynników opisujących transport pędu i masy w atmosferze ziemskiej. Obszarem atmosfery, w której rozpatrujemy dyspersję zanieczyszczeń jest część troposfery przylegająca bezpośrednio do powierzchni Ziemi, zwana planetarną warstwą przyziemną. W tym procesie istotne jest zdefiniowanie warunków meteorologicznych w niej panujących, które zależą m. in. od prędkości wiatru, nasłonecznienia i stopnia zurbanizowania terenu.

Modelowanie matematyczne dyspersji zanieczyszczeń

Podstawowe równanie opisujące transport zanieczyszczenia w atmosferze ma postać:

$$\frac{\partial \bar{C}_i}{\partial t} + \bar{u}_x \frac{\partial \bar{C}_i}{\partial x} + \bar{u}_y \frac{\partial \bar{C}_i}{\partial y} + \bar{u}_z \frac{\partial \bar{C}_i}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \bar{C}_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \bar{C}_i}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \bar{C}_i}{\partial z} \right) + Q + R_c(x, y, z, t)$$

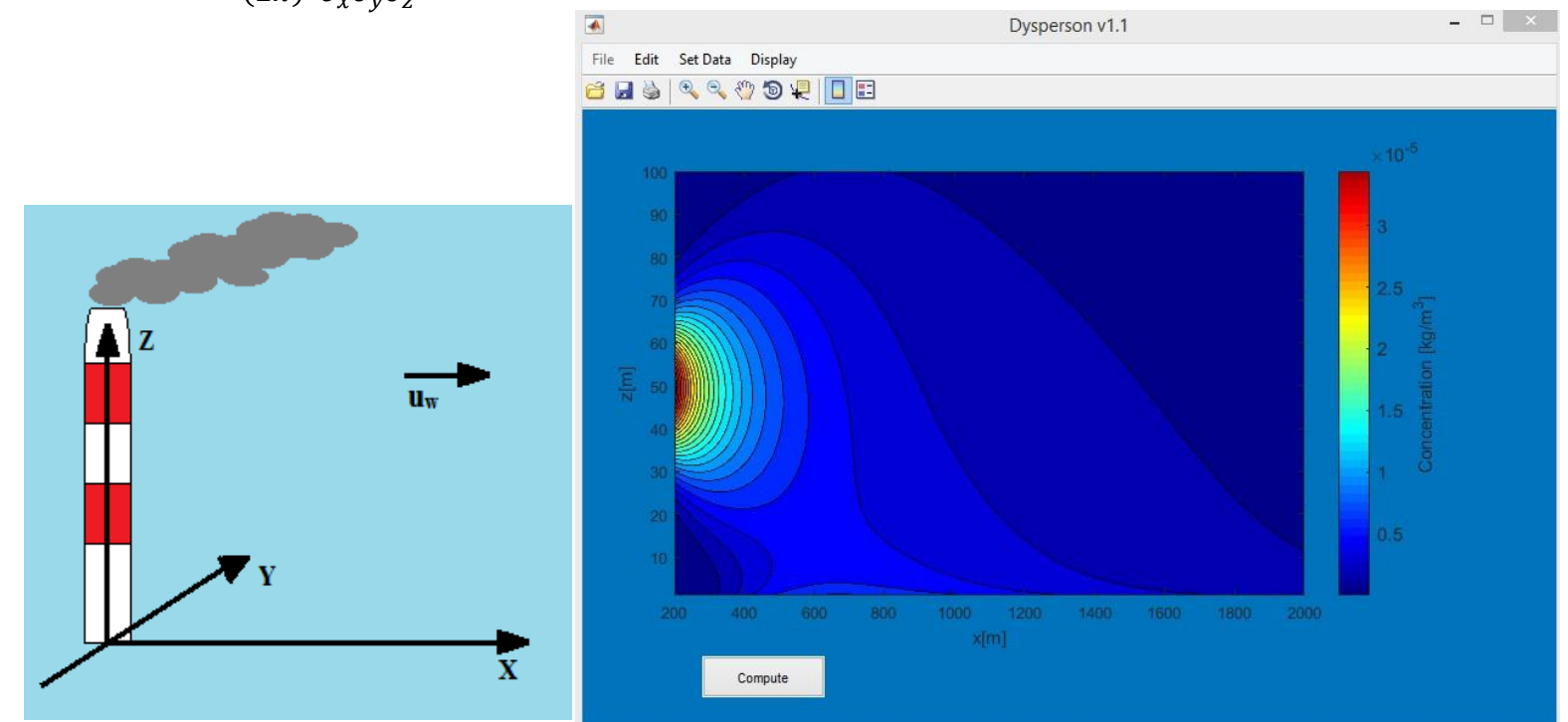
Na podstawie powyższej zależności stworzone wiele modeli matematycznych opisujących proces dyspersji zanieczyszczeń w atmosferze. W zależności od zastosowanych uproszczeń posiadają one różny zakres stosowalności. Popularną i łatwą w zastosowaniu rodziną modeli matematycznych są analityczne modele Gaussa. Opracowany program komputerowy opiera się właśnie na tych modelach.

Model obłoku Gaussa – określa stężenie substancji uwolnionej do atmosfery jednorazowo w relatywnie krótkim czasie:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

Model smugi Gaussa – określa stężenie substancji w powietrzu uwalnianej w procesie ciągłym:

$$C(x, y, z, t) = \frac{S}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{(x-ut)^2}{2\sigma_x^2}\right) \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$



Rys.1. Symulacja dyspersji zanieczyszczeń przy pomocy modelu smugi Gaussa dla dwutlenku węgla, przy prędkości wiatru równej $u_x=5$ [m/s].

Wnioski

Dyspersja masy jest zagadnieniem trudnym do modelowania matematycznego ze względu na rozmiar rozpatrywanej przestrzeni. Opracowany program wykorzystuje modele analityczne, dzięki czemu pozwala na szybkie uzyskanie wyników symulacji. Jego obiektowo zorientowana forma umożliwia tworzenie symulacji numerycznych przez użytkownika, który nie do końca orientuje się w modelowaniu matematycznym. Modele analityczne mają jedną wadę, są mniej dokładne niż modele numeryczne. Jednakże modele numeryczne wymagają większej mocy obliczeniowej.