

Mgr Elżbieta MOTRENKO

... dziś w Warszawie będzie zachmurzenie umiarkowane, przejściowo duże, z możliwością przelotnego opadu deszczu. Temperatura maksymalna około 8 st.

synoptyk — z greckiego *synoptikos* — przeglądowy. W meteorologii określenie to odnosi się do pogody. Tak więc synoptyk to człowiek zajmujący się badaniem i przewidywaniem pogody.

na stacjach meteorologicznych wykonuje się pomiary za pomocą przyrządów umieszczonych na stałe na powierzchni Ziemi, przyrządów przymocowanych do unoszących się swobodnie specjalnych balonów oraz umieszczonych w małych, wystrzeliwanych w powietrze raketach. Pomiary wykonuje się również na pływających i zakotwiczonych statkach oceanicznych. Najwięcej jest stacji naziemnych. Charakterystyczna dla takiej stacji jest dobrze znana tzw. klatka meteorologiczna.

algorytm — dokładny schemat postępowania prowadzący do rozwiązania określonego zadania.

interpolacja — przybliżone znajdowanie wartości funkcji w pewnym punkcie na podstawie znanych wartości tej funkcji w punktach niezbyt odległych.

powierzchnia izobaryczna — hipotetyczna powierzchnia w atmosferze przechodząca przez punkty, w których ciśnienie atmosferyczne ma tę samą wartość.

Komunikat o prognozie pogody. Jeden z wielu przygotowywanych każdego dnia w instytutach meteorologii i biurach pogody a następnie rozpowszechnianych przez różne środki informacji. Wynik żmudnej pracy meteorologów, którego wartość praktyczna bywa jednak często znikoma. Dlaczego tak się dzieje? Jakie są zasadnicze trudności, które napotyka synoptyk przy prognozie pogody? Czy pogodę w ogóle da się przewidywać dokładnie? Jak zagadnienie prognozy traktuje współczesna meteorologia? Oto problemy, którym warto poświęcić nieco uwagi.

Pogodę, jaka będzie w przyszłości, przewiduje synoptyk na podstawie wyników aktualnych obserwacji. Jakość prognozy zależy zatem w dużej mierze od jakości materiału obserwacyjnego. Pomiarów meteorologicznych dokonuje się na specjalnie w tym celu zorganizowanych stacjach meteorologicznych, które tworzą światową sieć i posiadają własny system łączności. Sieć stacji jest wciąż jeszcze nieregularna i na znacznych obszarach zbyt „rzadka” — stacje umieszczone są w zbyt dużych odległościach od siebie. Za mało pomiarów wykonywanych jest na różnych wysokościach w atmosferze. W technice pomiarowej zaznaczył się jednak znaczny postęp. Stacje meteorologiczne są coraz lepiej wyposażane; do służby meteorologicznej wykorzystuje się sztuczne satelity. Ilość informacji — tzw. danych meteorologicznych — dostarczana przez światową sieć stacji już obecnie jest ogromna. Każdorazowe ich opracowanie w celu ustalenia „aktualnego” stanu atmosfery jest trudne bez pomocy maszyn matematycznych. Przetworzenia danych należy dokonać odpowiednio szybko, by przygotowana na ich podstawie prognoza mogła mieć wartość praktyczną. Dotyczy to szczególnie prognoz krótkoterminowych. To ograniczenie czasu stanowi istotną trudność dla meteorologów.

Analiza danych meteorologicznych przy użyciu maszyn matematycznych nazywa się analizą obiektywną. W jej wyniku uzyskuje się wartości parametrów meteorologicznych w różnych punktach atmosfery, wykorzystując dane zmierzone na stacjach. Znalezienie właściwych metod analizy obiektywnej — odpowiednich algorytmów interpolacyjnych — to wcale niełatwy problem matematyczny związany z prognozą pogody.

Analiza obiektywna jest doskonalszą wersją tzw. analizy subiektywnej, która jest jeszcze dość powszechnie stosowana w tych biurach pogody, gdzie z różnych względów (często z braku maszyn matematycznych) nie wykonuje się analizy obiektywnej. W analizie subiektywnej brana jest pod uwagę tylko taka liczba danych meteorologicznych, jaką jest w stanie przeanalizować synoptyk. Wybór danych najważniejszych dla przeprowadzanej analizy zależy od intuicji i doświadczenia synoptyka. Stan atmosfery w określonym terminie przedstawiany jest za pomocą ustalonych symboli na kilku dwuwymiarowych wykresach, przy czym płaszczyzna wykresu odpowiada powierzchni Ziemi albo określonej powierzchni izobarycznej w atmosferze.



izolinia — linia na mapie synoptycznej przechodząca przez punkty odpowiadające jednakowym wartościom parametru meteorologicznego, np. ciśnienia — izobara, temperatury — izoterma.

Taki wykres — mapa synoptyczna — analizowany jest przez synoptyka graficznie. Kreśli on izolinie parametrów meteorologicznych i stara się rozpoznać na mapie wyróżnione w praktyce synoptycznej obszary o szczególnym rozkładzie tych parametrów — np. niżej lub wyżej atmosferyczne — ponieważ związany jest z nimi określony typ pogody. Synoptyk wyróżnia też na mapie obszary, w których występuje wyraźna zmiana pogody, tzw. strefy frontalne (fronty atmosferyczne). Zaznacza również takie zjawiska jak burza, zamieć itp. Prognoza wykonana w oparciu o analizę subiektywną polega na przewidzeniu ewolucji wyróżnionych na mapie elementów zgodnie z regułami, jakim zwykle podlega ich rozwój. Niemalą rolę odgrywa tu zgadywanie. Prognozy takie są mało precyzyjne i często nietrafne. Zobiektywizowanie metod prognozy wydawało się panaceum na kłopoty synoptyków. Równania matematyczne, które wyrażają prawa rządzące zachowaniem ośrodka gazowego, jakim jest atmosfera ziemna — równania ruchu, energii i zachowania masy — łącznie z równaniem stanu tworzą układ równań różniczkowych hydrodynamiki. Nie ma teorii, która zapewniałaby w każdym przypadku istnienie jednoznacznych rozwiązań tego układu i podawała metody uzyskania takich rozwiązań. Możliwe jest to tylko w bardzo szczególnych przypadkach. Równania hydrodynamiki mają jednak taką formę, że tendencje zmiany stanu atmosfery w danej chwili związane są bezpośrednio z aktualnym stanem atmosfery i wpływem czynników zewnętrznych (podłoże, promieniowanie słoneczne). Nasunęło to myśl, że prognoza pogody może być uzyskana przez numeryczne rozwiązanie równań hydrodynamiki. Aktualny stan atmosfery określają zmierzone na stacjach meteorologicznych parametry, które wchodzi w równania. Wstawiając te znane wartości do równań możemy więc obliczyć tendencję zmiany stanu atmosfery. Musimy przy tym w jakiś sposób określić wpływ czynników zewnętrznych na atmosferę. Przyjmuje się zazwyczaj, że czynniki te nie mają żadnego wpływu, co dla niewielkich okresów czasu okazuje się zupełnie dobrym przybliżeniem. Wykorzystując w ten sposób układ równań hydrodynamiki praktycznie ustalamy, jak zmieniają się wartości parametrów meteorologicznych w ciągu najbliższego — krótkiego — okresu czasu. Dodając obliczone wartości zmian do aktualnych wartości parametrów meteorologicznych określamy, jakie będą wartości tych parametrów po upływie czasu przyjętego za okres, w którym obliczona zmiana nastąpi. Powtarzając rachunek wielokrotnie (traktując każdy obliczony przyszły stan atmosfery jak nowy stan „aktualny”) można uzyskać stan atmosfery w dowolnym czasie w przyszłości. Pierwsza próba takiej prognozy, podjęta już w 1922 roku przez Anglika L. F. Richardsona, była nieudana. Z matematycznego punktu widzenia numeryczne rozwiązanie równań hydrodynamiki wymaga zastąpienia występujących w nich pochodnych cząstkowych różnicami skończonymi. Przy zamianie tak skomplikowanego układu równań, jakim jest układ równań hydrodynamiki, na odpowiedni układ różnicowy w celu wykorzystania go do obliczania zmian wielkości uzyskanych z obserwacji — zawsze więc zmierzonych z pewnym błędem — pojawiają się wiele matematycznych problemów, które trzeba rozwiązać, żeby uzyskać poprawny wynik. Nieznajomość tych problemów była jedną z przyczyn niepowodzenia Richardsona; kłopoty z ich rozwiązaniem stanowiły również zasadniczą trudność dla meteorologów, którzy dysponowali maszynami matematycznymi i znali wiele teoretycznych ustaleń dotyczących metod numerycznych rozwiązywania równań różniczkowych.

Wiele procesów atmosferycznych opisywanych przez równania hydrodynamiki nie ma dla zjawisk pogody większego znaczenia. Do prognozy można więc w zasadzie używać równań uproszczonych, z których „odfiltrowano” takie nieistotne procesy, traktując je jako „szumy”. Zagadnienie poprawnego matematycznie i fizycznie uzasadnionego upraszczania równań hydrodynamicznych dla celów prognozy, to następny trudny problem matematyczny. Znalezienie i rozwiązanie odpowiedniego układu różnicowego dla obszaru objętego prognozą — to kolejne trudne zadanie w numerycznej prognozie pogody.



Nie wszystkie trudności udało się dotychczas pokonać, choć wiele z wyżej sygnalizowanych problemów matematycznych doczekało się pomysłowych i skutecznych rozwiązań. Światowe meteorologiczne centra obliczeniowe, które dysponują maszynami matematycznymi i odpowiednią kadrą specjalistów, przygotowują prognozę podstawowych parametrów meteorologicznych dla całej półkuli północnej na okres od dwunastu godzin do kilku dni. Punkty, dla których obliczane są przyszłe wartości parametrów, dzieli odległość kilkuset kilometrów. Tego typu prognoza może więc stanowić jedynie podstawę dla prognoz bardziej szczegółowych, to jest takich, które interesują bezpośrednio użytkowników. Postęp w zakresie opracowywania takich lokalnych prognoz jest jednak raczej sprawą przyszłości. Poważnym ograniczeniem w rozwoju metod numerycznych jest istnienie tzw. limitu przewidywalności pogody w oparciu o równania hydrodynamiki. Teoretycznie, zgodnie z równaniami, jak było już wyżej powiedziane, znając dokładnie aktualny stan atmosfery i wpływ czynników zewnętrznych możemy wyznaczyć każdy inny stan atmosfery z dowolną dokładnością. Praktycznie jednak jest to niemożliwe. W atmosferze nieustannie na siebie oddziałuje wiele różnorodnych procesów i na podstawie pomiarów w poszczególnych punktach nie możemy wyznaczyć dokładnie stanu atmosfery, który by wyznaczał wszystkie następne. Nie chodzi tu tylko o błąd pomiaru, ale głównie o to, że pomiar nie uwzględnia procesów zachodzących w obszarze między punktami pomiarowymi, które mają wpływ na zmiany stanu atmosfery. Jedynie zjawiska periodyczne nie mają w zasadzie limitu przewidywalności. Dla wszystkich innych zjawisk taki limit istnieje i sprawdzenie się numerycznej prognozy pogody na okres dłuższy niż jeden tydzień jest raczej sprawą przypadku. Opracowanie skuteczniejszych metod prognozy jest zadaniem, które wciąż stoi przed meteorologią. Sukces w tej dziedzinie uwarunkowany jest jednak lepszą znajomością mechanizmów procesów atmosferycznych, o których wiemy jeszcze za mało. Nowe rozwiązania w dziedzinie prognoz numerycznych są niewątpliwym osiągnięciem meteorologii, ale nie przyczyniają się do zrozumienia podstaw dynamiki i termodynamiki atmosfery. Konieczny jest wysiłek badawczy w celu ustalenia zasadniczych dynamicznych cech takiego fizycznego układu, jakim jest atmosfera ziemiska i wyjaśnienia nie znanych nam dotychczas przyczyn wielu rozpoznanych już zjawisk.



Zadania

Redaguje mgr Andrzej MAKOWSKI

M 115. Jaka jest największa liczba ostrych kątów wewnętrznych, które może mieć n -kąt wypukły?
W. Mnich

Rozwiązanie na str. 3

M 116. Czy istnieje taki niepusty zbiór prostych zawartych w jednej płaszczyźnie, że każda prosta jest rozłączna z co najmniej jedną prostą tego zbioru?
W. Mnich

Rozwiązanie na str. 10

M 117. Udowodnić, że liczba pierwszych postaci $4k+3$ jest nieskończenie wiele.

Rozwiązanie na str. 3

Redaguje dr Andrzej ZIEMIŃSKI

F 39. Człowiek o ciężarze P znajduje się na mostku bosmańskim o ciężarze W (patrz rysunek obok). Mostek zawieszony jest na nieważkiej linie, przeprowadzonej przez błocek C . Człowiek trzyma swobodny koniec linii (punkt A). Zakładając, że układ pokazany na rysunku znajduje się w równowadze, należy znaleźć:

- siłę F , z którą człowiek działa na swobodny koniec linii w punkcie A ,
- siłę napięcia linii w punkcie B ,
- siłę działającą na oś błočka w punkcie C .

Następnie rozważcie przypadek, kiedy człowiek wyciągając linię w punkcie A z odpowiednią stałą szybkością.

Wyznaczcie ponownie siły wspomniane w punktach a) — c).

Rozwiązanie na str. 3

