

## Hava proqnozunun kvazigeostrofik nəzəri əsasları.

### Burulğan tənliyi

Külək sərbəst atmosferdə kvazigeostrofik olur. Bu tendensiya nəticəsində külək sürətinin toplananları çox böyük xətalara, hətta düzgün olmayan işarəyə gətirən səhvlərlə təyin olunur. Ona görə də ədədi proqnoz tərtib etmək çox çətindir. Sadələşdirilmiş hərəkət tənliyini (1) və (2)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \tau \frac{\partial u}{\partial p} = - \frac{\partial \Phi_p}{\partial x} + \underline{\underline{l}}v - g \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial p}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \tau \frac{\partial v}{\partial p} = - \frac{\partial \Phi_p}{\partial y} + \underline{\underline{l}}u - g \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial p}, \quad (2)$$

izobarik koordinat sistemində yazaq və bu zaman əvvəlcədən çox kiçik toplananları  $\tau \frac{\partial u}{\partial p}$  və  $\tau \frac{\partial v}{\partial p}$ , həmçinin (sərbəst atmosferdən danışıldığı üçün) turbulent sürtünmə qüvvələrini kənara qoyaq.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = - \frac{\partial \Phi_p}{\partial x} + \underline{\underline{l}}v, \quad (3)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = - \frac{\partial \Phi_p}{\partial y} - \underline{\underline{l}}u. \quad (4)$$

Altından bir xətt çəkilmiş ikinci dərəcəli toplananlar, iki xətt çəkilmiş əsas toplananların təxminən onda birinə bərabərdilər.

Məsələn, proqnoz olunacaq  $u$  kəmiyyəti  $t + \Delta t$  anında aşağıdakı kimi yazıla bilər.

$$u^{t+\Delta t} = u^t + \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)^t \Delta t = u^t + \left( -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial \Phi_p}{\partial x} + l v \right)^t \Delta t. \quad (5)$$

Əsas toplananların təyini zamanı 10% səhv etsək, bu  $\frac{\partial u}{\partial t}$  tendensiyasında 100 % səhvə gətirər.

Bu tənliklər vasitəsilə ədədi proqnoz vermək cəhdləri uğursuz olacaq. Əvvəllər kompyuterlərin gücünün zəif olması böyük zaman addımının götürülməsinə məcbur edirdi ( $\Delta t = 1.0-1.5$  saat). (5) tənliyinə görə bu müddət ərzində tendensiya sabit sayılır, hansı ki, təbiətdə bu tendensiya çox tez dəyişir. Nəticədə verilən proqnozların ödənişliyi azalır. Bu da öz növbəsində sonrakı zaman addımlarında böyük səhvlərə gətirib çıxarır. Daha sonralar ədədi model sürətlə inkişaf edir.

Tam tənliklərdəki əsas toplananlar çıxarılsın, deyə tam tənliklər aşağıdakı kimi yazılmağa başladı. (3) və (4) tənliklərinə burulğan əməliyyatını tətbiq edək, yəni (4) tənliyini  $x$ -ə görə, (3) tənliyini isə  $y$ -ə görə differensiallayaq və (3) tənliyini (4) tənliyindən çıxaraq. Nəticədə aşağıdakını alırıq:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial y}{\partial y} \right) + u \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial y} = \\ & = - \left( \frac{\partial^2 \Phi_p}{\partial y \partial x} - \frac{\partial^2 \Phi_p}{\partial x \partial y} \right) - l \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \left( u \frac{\partial l}{\partial x} + v \frac{\partial l}{\partial y} \right). \end{aligned} \quad (6)$$

$$\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = \text{rot}_z \vec{V} \equiv \Omega, \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \equiv D. \quad (7)$$

$\Omega$  - Külək rotorunun şaquli proyeksiyasıdır. Onu adətən nisbi burulğan adlandırılır.

D – divergensiya adlanır.

Standart lokal dekart koordinat sistemində ( o cümlədən izobarik) x oxu en dairəsi boyunca yönəldiyindən  $\frac{\partial l}{\partial x} = 0$  olur.

Bunu nəzərə alsaq (6) tənliyi aşağıdakı şəkli alar:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Omega}{\partial t} + u \frac{\partial \Omega}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} \Omega + v \frac{\partial \Omega}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial y} \Omega &= -lD - v \frac{\partial l}{\partial y} \rightarrow \\ \frac{\partial \Omega}{\partial t} + u \frac{\partial \Omega}{\partial x} + v \frac{\partial \Omega}{\partial y} + v \frac{\partial l}{\partial y} &= -lD - \Omega D \end{aligned} \quad (8)$$

Aydındır ki,  $\frac{\partial l}{\partial t} = 0$ ,  $\frac{\partial l}{\partial x} = 0$  olduğundan,

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + u \frac{\partial \Omega}{\partial x} + v \frac{\partial \Omega}{\partial y} = \frac{\partial \Omega}{\partial t}, \quad v \frac{\partial l}{\partial y} = \frac{\partial l}{\partial t} + u \frac{\partial l}{\partial x} + v \frac{\partial l}{\partial y} = \frac{\partial l}{\partial t},$$

Beləliklə biz yazı bilərik:

$$\frac{d(\Omega + l)}{dt} = -(\Omega + l)D \quad (9)$$

və ya 
$$\frac{d\Omega_a}{dt} = -\Omega_a D \quad (10)$$

burada,

$$\Omega_a \equiv \Omega + l \quad (10)$$

mütləq burulğan adlanır.

Mütləq burulğan hava hissəciklərinin yer səthinə nisbətən və atmosferin Yerlə birlikdə fırlanma hərəkətlərinin cəmidir. (9) və (10) tənlikləri burulğan tənliyinin iki formasıdır. Hərəkət tənliyinin iki əsas toplananı, yəni barik qradiyent qüvvəsinin komponentlərini təmsil edən toplananlar ləğv edildi. Koriolis

qüvvəsinin komponentlərini təmsil edən iki əsas toplanan isə kiçik toplananlara çevrildi.

$$ID = l \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad \text{və} \quad \frac{dl}{dt} = \frac{\partial l}{\partial y} = \frac{v 2\omega \cos \varphi}{R_e},$$

$R_e$  - yerin radiusudur.

Burulğan tənliyində  $\frac{\partial \Omega}{\partial t} + u \frac{\partial \Omega}{\partial x} + v \frac{\partial \Omega}{\partial y}$  əsas toplanandır. Qalanlar isə nisbətən kiçikdir. Buradan belə alınır ki, burulğan tənliyi vasitəsilə burulğanın ədədi proqnozunu vermək mümkündür.