

**В.С. Комаров, А.В. Креминский, К.Я. Синева**

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЕТРА ДЛЯ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ**

Рассматриваются концепции создания компьютерной информационной базы региональных климатических моделей температуры и ветра для пограничного слоя атмосферы. Приводятся результаты ее опытной апробации на примере данных температуры и ветра.

Климатические (статистические) данные о высотной структуре метеорологических полей атмосферы являются одним из важнейших элементов информационного обеспечения различных задач гидрометеорологии, экологии и оптики атмосферы (например, моделирования и прогноза глобального и регионального климатов, оценки переноса загрязняющих веществ, интерпретации данных лидарного зондирования и т.п.). Однако из-за большого объема этих данных они не совсем пригодны для оперативного применения. Поэтому обычно на практике осуществляется их пространственное усреднение и построение разного типа климатических моделей. Особый интерес при этом представляют статистические модели высотного распределения метеорологических величин (например, давления, температуры, ветра и влажности) в пограничном слое атмосферы, которые в отличие от климатических моделей, построенных для свободной атмосферы и нашедших широкое распространение при решении многих целевых задач (см., например, [1, 2]), еще не получили своего развития.

Учитывая это обстоятельство, авторами были начаты исследования по созданию региональных климатических моделей высотного распределения давления, температуры, влажности и составляющих вектора ветра в пограничном слое атмосферы (далее для краткости будем называть их просто региональные климатические модели пограничного слоя). К настоящему времени создана первая версия этих моделей, характеризующих высотное распределение температуры, а также зональной и меридиональной составляющих вектора ветра над одним из квазигомогенных районов Северного полушария, которые были выявлены ранее в процессе объективной классификации региональных климатов [3]. Построенные нами модели содержат вертикальные профили средних значений ( $\bar{\xi}$ ), стандартных (среднеквадратических) отклонений ( $\sigma_{\xi}$ ) и автокорреляционные матрицы  $\|R_{ij}\|$  вышеперечисленных метеорологических величин. Модели пограничного слоя дополняют региональные климатические модели свободной атмосферы, которые были разработаны в Институте оптики атмосферы под руководством В.С. Комарова [2–4].

В целях обеспечения оперативного использования региональных климатических моделей пограничного слоя была разработана компьютерная версия информационной базы этих моделей, которая предназначена:

- для систематизации и оптимальной организации хранения и доступа к моделям пограничного слоя;
- поиска требуемой модели в соответствии с запросом пользователя;
- представления характеристик модели в табличном виде;
- экспорта параметров требуемой модели в автоматизированные системы различного целевого направления (например, в системы, предназначенные для объективного анализа мезометеорологических полей и регионального численного прогноза погоды).

В настоящей статье дается описание методологии построения компьютерной информационной базы региональных климатических моделей пограничного слоя атмосферы, а также приводятся результаты ее опытной апробации на примере данных температуры и ветра.

При проектировании базы этих моделей нами вначале был разработан, как и в [5], словарь проектных решений, включающий в себя словарь данных и словарь операций, которые содержат спецификации данных и прикладных задач соответственно. Затем была разработана концептуальная модель базы региональных климатических моделей пограничного слоя, которая представляет собой основу для последующего логического и физического проектирования этой базы. Обычно концептуальная модель рассматривается как формализованное представление статических (данных) и динамических (операции, события) требований информационной базы, которые относятся к одной предметной области [6]. Формальное описание концептуального представления основывается обычно на некоторой модели. В нашем случае в качестве такой модели выбрана семантическая модель, позволяющая представить предметную область в виде диаграммы «сущность–связь» (ER-диаграммы), впервые предложенной автором [7]. При этом понятие «сущность» определяется как некоторый объект, принадлежащий к данной предметной области, а «связь» рассматривается как соединение между двумя и более сущностями, причем связь характеризуется степенью связи, которая показывает, каким образом экземпляры одной сущности связаны с экземплярами другой сущности. Степень связи может принимать три различных значения: «один к одному» (1:1), «один ко многим» (1:n), «многие ко многим» (n:m).



Рис. 1. Модель «сущность–связь» предметной области «Региональные климатические модели пограничного слоя»

На рис. 1 сущности исследуемой предметной области выделены одинарной, а связи – двойной рамкой. Здесь же указаны и соответствующие степени связи.

Остановимся также на особенностях пространственной организации данных базы региональных моделей пограничного слоя. Как говорилось выше, каждая из моделей, входящих в состав информационной базы, представляет собой набор статистических характеристик вертикального распределения основных метеорологических величин, соответствующих одному из квазиоднородных районов на территории Северного полушария. При таком подходе каждый из квазиоднородных районов представляет собой некоторый пространственный объект (полигон) нерегулярной формы, а соответствующая ему региональная климатическая модель пограничного слоя рассматривается как некое множество семантически значимых дескрипторов. Описание такого рода объектов, включающее описание полигона и региональной климатической модели, обеспечивается формированием двух наборов схем отношений  $R_p \subseteq R$  и  $R_d \subseteq R$ , которые представляют собой непересекающиеся подмножества схемы базы данных  $R$ . При этом подмножество схем отношений  $R$  содержит информацию о пространственной локализации полигонов, которая представлена упорядоченными значениями географических координат (с точностью до 2,5) их узлов. В то же время подмножество схем отношений  $R_d$  содержит дескриптивную информацию и несет основную смысловую нагрузку.

1. Введите сезон:
- |       |   |   |
|-------|---|---|
| зима  | – | 1 |
| весна | – | 2 |
| лето  | – | 3 |
| осень | – | 4 |
2. Введите координаты требуемой точки (широта, долгота) с точностью до целого числа по условию:
- |                   |   |     |    |
|-------------------|---|-----|----|
| северная широта   | – | «+» | 56 |
| южная широта      | – | «–» |    |
| восточная долгота | – | «+» | 83 |
| западная долгота  | – | «–» |    |
3. Введите время суток по местному времени:
- |                     |               |   |   |
|---------------------|---------------|---|---|
| независимо от срока |               | – | 1 |
| утро                | (6 < t ≤ 12)  | – | 2 |
| день                | (12 < t ≤ 18) | – | 3 |
| вечер               | (18 < t ≤ 24) | – | 4 |
| ночь                | (0 < t ≤ 6)   | – | 5 |
4. Введите метеовеличину:
- |                      |                 |   |   |
|----------------------|-----------------|---|---|
| давление             | (P, гПа)        | – | P |
| температура          | (T, по Цельсию) | – | T |
| влажность            | (g, г/кг)       | – | G |
| зональный ветер      | (U, м/с)        | – | U |
| меридиональный ветер | (V, м/с)        | – | V |

Рис. 2. Меню системы для выбора региональной климатической модели

Региональная статистическая модель высотного распределения температуры ( $T, ^\circ\text{C}$ ) (независимо от срока. Зима.  $56^\circ$  с.ш.,  $83^\circ$  в.д.)

Высота	0	100	200	300	400	600	800	1200	1600	2000
Среднее	-17,2	-16,9	-16,6	-16,3	-15,9	-15,1	-14,6	-14,0	-14,5	-15,7
Станд.откл.	9,2	8,7	8,4	8,1	7,9	7,5	7,1	6,5	6,3	6,2

Корреляционная матрица

0	1,000	0,969	0,935	0,895	0,864	0,803	0,742	0,613	0,568	0,565
100		1,000	0,985	0,957	0,932	0,877	0,820	0,698	0,648	0,639
200			1,000	0,988	0,970	0,922	0,869	0,749	0,696	0,684
300				1,000	0,992	0,955	0,905	0,785	0,730	0,718
400					1,000	0,978	0,936	0,819	0,764	0,750
600						1,000	0,980	0,878	0,822	0,804
800							1,000	0,932	0,876	0,853
1200								1,000	0,954	0,921
1600									1,000	0,975
2000										1,000

Региональная статистическая модель высотного распределения зонального ветра ( $U, \text{м/с}$ ) (независимо от срока. Зима.  $56^\circ$  с.ш.,  $83^\circ$  в.д.)

Высота	0	100	200	300	400	600	800	1200	1600	2000
Среднее	0,5	1,0	2,3	3,5	4,7	6,0	6,6	7,7	8,3	9,0
Станд.откл.	2,2	4,5	5,6	6,1	6,7	7,4	7,5	7,9	8,2	8,5

Корреляционная матрица

0	1,000	0,779	0,660	0,626	0,579	0,531	0,527	0,498	0,499	0,492
100		1,000	0,868	0,834	0,781	0,721	0,710	0,660	0,652	0,623
200			1,000	0,964	0,907	0,837	0,816	0,745	0,731	0,701
300				1,000	0,977	0,928	0,902	0,815	0,797	0,767
400					1,000	0,976	0,946	0,851	0,831	0,800
600						1,000	0,982	0,896	0,871	0,840
800							1,000	0,948	0,919	0,885
1200								1,000	0,963	0,924
1600									1,000	0,975
2000										1,000

Региональные статистические модели высотного распределения меридионального ветра ( $V, \text{м/с}$ ) (независимо от срока. Зима.  $56^\circ$  с.ш.,  $83^\circ$  в.д.)

Высота	0	100	200	300	400	600	800	1200	1600	2000
Среднее	2,0	3,7	4,9	4,9	4,7	4,4	4,2	3,8	3,4	3,0
Станд.откл.	2,7	4,4	5,6	5,6	5,8	6,0	6,0	6,1	6,4	6,7

Корреляционная матрица

0	1,000	0,787	0,703	0,687	0,656	0,607	0,578	0,490	0,467	0,445
100		1,000	0,906	0,874	0,819	0,738	0,702	0,603	0,567	0,525
200			1,000	0,966	0,907	0,813	0,764	0,654	0,615	0,572
300				1,000	0,976	0,908	0,858	0,740	0,700	0,657
400					1,000	0,962	0,914	0,790	0,750	0,707
600						1,000	0,974	0,862	0,820	0,779
800							1,000	0,927	0,881	0,836
1200								1,000	0,950	0,898
1600									1,000	0,970
2000										1,000

Рис. 3. Пример вывода искомым региональных моделей.

Вышеприведенная методика проектирования была положена в основу разработки алгоритмов и программной реализации базы региональных климатических моделей пограничного слоя. Сразу же отметим, что для пользования этой базой было разработано специальное меню для выбора требуемой модели (рис. 2).

Из рис. 2 следует, что пользователю для выбора той или иной модели необходимо ввести в компьютер некоторое задание на ее поиск, содержащее характеристики, описывающие требуемую модель, а именно: сезон, координаты (по ним ищется соответствующий квазиоднородный район), время суток и название метеорологической величины. Пример вывода искомой региональной климатической модели (при задании необходимых характеристик описания модели: зима – 1; 56°с.ш., 83°в.д.; независимо от срока – 1; температура –  $T$ ; зональный ветер –  $U$  и меридиональный ветер  $V$ ) показан на рис. 3.

В заключение следует сказать, что в наших дальнейших исследованиях построенная компьютерная база будет совершенствоваться за счет расширения числа метеорологических величин и включения в ее состав региональных моделей пограничного слоя, которые создаются в настоящее время для других квазиоднородных районов Северного полушария.

1. Justus C. C. et al. Four-I Global Reference Atmosphere Technical Rescription, part-1. NASA US C-TMX-64871, Sept. 1974.
2. Zuev V. E., Komarov V. S. Statistical Models of the Temperature and Gaseous Components of the Atmosphere. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht; Boston; Lancaster; Tokyo. 1987. 306 с.
3. Комаров В. С., Ременсон В. А. // Оптика атмосферы. 1988. Т. 1. N 7. С. 3–16.
4. Комаров В. С., Ременсон В. А. // Оптика атмосферы и океана. 1995. Т. 8. N 5. С. 741–750.
5. Михайлов С. А. // Оптика атмосферы. 1988. Т. 7. N 2. С. 265–273.
6. Date C. J. An Introduction to Date Base System. V. 1–2. Menlo Park, CA: Addison-Wesley Publ. Co., 1986.
7. Chen P. P. - S. The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Date. ACM TODS. V. 1. N 1. March 1976. P. 9–36.

Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Томск

Поступила в редакцию  
7 июля 1995 г.

V. S. Komarov, A. V. Kreminskii, K. Ja. Sin'ova. **Computer Information Base of Regional Climatic Models of Temperature and Wind for Boundary Layer of the Atmosphere.**

The concepts of creation of computer information base of regional climatic models of temperature and wind in the boundary atmosphere layer are treated. Some test results are presented.