

Информационно-вычислительная система «Метео» для метеорологической поддержки прикладных задач. Часть 1. Основные функции и структура системы

В.С. Комаров¹, Е.В. Горев¹, А.Я. Богушевич², А.В. Лавриненко^{1*}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3

Поступила в редакцию 1.04.2009 г.

Рассмотрены основные функции, структура и технические характеристики информационно-вычислительной системы «Метео», предназначенной для оперативной поддержки (прогностическими данными) решения различных прикладных задач.

Ключевые слова: информационно-вычислительная система «Метео», структура, алгоритмы, восстановление, сверхкраткосрочный прогноз, пространственная экстраполяция, мезомасштаб, геопотенциал, температура, влажность, ветер.

Введение

В работах [1, 2] дано описание основных функций, структуры, технических характеристик, а также результатов испытаний автоматизированной метеорологической системы (АМС), разработанной в Институте оптики атмосферы СО РАН и предназначенной для информационного обеспечения прикладных задач. Главной особенностью является использование в ней новых методов пространственного и временного прогнозирования мезометеорологических полей, базирующихся впервые на применении малопараметрических моделей динамико-стохастического типа и алгоритма фильтрации Калмана. При этом в качестве исходной информации взяты аэрологические данные, поступающие в виде стандартных бюллетеней КН-04.

Однако, несмотря на вполне приемлемые для практики результаты, полученные с помощью созданной АМС, дальнейшие исследования [3–5] показали, что существуют большие возможности в расширении ее основных функций, а также в использовании новых и более совершенных методов прогнозирования мезометеорологических полей по пространству и времени.

С учетом этого нами разработана новая и более совершенная информационно-вычислительная система (ИВС) «Метео», о которой и пойдет речь в данной статье.

1. Назначение и функциональная схема ИВС «Метео»

ИВС «Метео», состоящая из семи отдельных подсистем, включая базы первичной и климатической информации, и интерфейса пользователя (см. функциональную схему на рис. 1), предназначена для обработки метеорологических и аэрологических данных, поступающих в виде бюллетеней КН-01 и КН-04, и для решения таких целевых задач, как:

– восстановление вертикальных профилей температуры, влажности и ветра до высоты 1,6 км в месте расположения аэрологической станции и точках, удаленных от нее на 50–100 км;

– сверхкраткосрочный (с заблаговременностью 3–6 ч) прогноз параметров атмосферы (температуры, влажности и ветра) на приземном уровне и в пограничном слое атмосферы;

– пространственная экстраполяция (интерполяция) мезомасштабных полей геопотенциала, температуры, влажности и ветра в точку пространства, вдоль траектории (до расстояния 250–300 км) или в узлы заданной регулярной сетки точек.

Остановимся коротко на характеристике отдельных подсистем АМС «Метео».

1.1. Подсистема обработки, преобразования и контроля входной информации

Данная подсистема, являющаяся вспомогательной, состоит из трех отдельных блоков. Первый из них (он базируется на алгоритмах, использованных

* Валерий Сергеевич Комаров (gfm@iao.ru); Евгений Владимирович Горев (gfm@iao.ru); Александр Яковлевич Богушевич; Андрей Викторович Лавриненко.

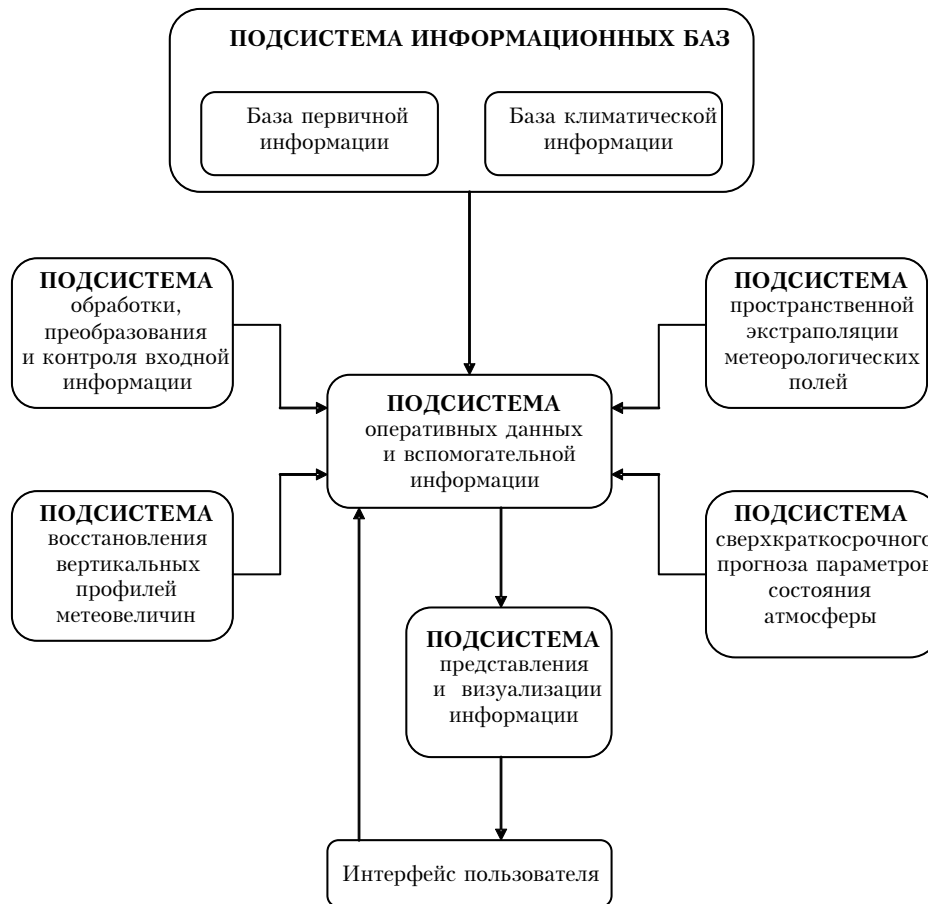


Рис. 1. Функциональная схема информационно-вычислительной системы «Метео»

в АМС [1]), обеспечивает обработку и преобразование аэрологических данных, поступающих в виде бюллетеней КН-04.

Поскольку этот блок аналогичен описанному в [1], дадим лишь краткое описание решаемых в нем операций, к которым относятся:

1) *интерактивный ввод, дешифрирование и синтаксический контроль аэрологической информации*, представленной в виде бюллетеней КН-04 (части ТТАА и ТТВВ);

2) *преобразование и формирование аэрологической информации в требуемых форматах и ее запись в виде выходных файлов типа G, M и S*, содержащих соответственно данные геопотенциала, температуры, точки росы, скорости зонального и меридионального ветра на учащенных уровнях: 975, 950, ..., 825, 800, 700, ..., 300 гПа; сведения о температуре, скорости зонального и меридионального ветра на высотах: 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 и 8,0 км, а также данные об их среднепослойных значениях для слоев: 0–0,2; 0–0,4; ...; 0–8,0 км;

3) *поиск и восстановление (на основе алгоритма фильтра Калмана и полиномиальной модели второго порядка с изменяющимися во времени коэффициентами) отсутствующих данных и обнаруженных грубых ошибок, связанных с некачественной подготовкой бюллетеней КН-04.*

Второй и вновь созданный блок обеспечивает обработку метеорологических данных, представленных в виде бюллетеней КН-01. В нем выполняются следующие операции.

1) *Поиск (по кодовому признаку ААХХ), ввод и дешифрирование метеорологической информации*, поступающей в виде бюллетеней КН-01, причем берутся лишь сведения о дате и сроке наблюдения (0, 3, ..., 21 ч по Гринвичу), синоптическом индексе, координатах и высоте метеорологической станции h_0 (м) и данные о давлении на уровне земли p_0 и моря p (гПа) или высоте H (гп. м) изобарических уровней 850, 700, 500 гПа (если $h_0 > 1000$ м), температуре T (°С), точке росы T_d (°С), направлении d (град) и скорости f (м/с) ветра, общем количестве облаков N (баллы) и количестве облаков нижнего или среднего яруса N_h (баллы), а также сведения о кодовых значениях облаков нижнего C_L , среднего C_M и верхнего C_H ярусов.

2) *Преобразование и формирование метеорологической информации в требуемых видах и форматах, а также ее запись в виде файла с именем АХХХХХ.dat (АХХХХХ – индекс станции), содержащего все вышеперечисленные сведения и данные, причем ветер представлен в нем в виде зональной U и меридиональной V составляющих его скорости (м/с).*

3) *Поиск и восстановление отсутствующих данных и синтаксических ошибок*, связанных с вводом буквенных символов (вместо кодовой цифры) в кодовой пятизначной группе, с пропуском целиком кодовой группы и т.п. При этом для реализации процедуры их восстановления используется тот же алгоритм, что и при восстановлении аэрологической информации.

Третий блок, также разработанный впервые, выполняет следующие функции.

1) *Контроль достоверности аэрологических данных*, представленных на стандартных изобарических поверхностях 1000, 925, 850, 700, 500, 400 и 300 гПа и уровнях особых точек. Этот контроль выполняется в два этапа. Вначале контролируются данные, представленные на изобарических уровнях, для чего сравнивается разность Δ между проверяемым и средним значением метеорологической величины и значением 3σ , где σ – стандартное отклонение (при $\Delta > 3\sigma$ проверяемое значение бракуется). На втором этапе по тому же правилу и с проверкой на знак проводится контроль данных, представленных на учащенной сетке изобарических уровней (см. файл типа *G*). Поскольку эти данные получены путем учета информации на уровнях особых точек, то тем самым осуществляется контроль аэрологических наблюдений на этих уровнях.

2) *Контроль достоверности метеорологических данных*, осуществляемый по тому же правилу $\Delta > 3\sigma$. Он охватывает все метеорологические величины, исключая облачность.

3) *Восстановление забракованных данных*, проводимое по измерениям окружающих станций с применением алгоритма фильтра Калмана и той же полиномиальной модели.

1.2. Подсистема информационных баз

Эта подсистема, поддерживающая решение целевых задач и отсутствующая в АМС [1], включает две базы данных (БД), одна из которых содержит для отдельных станций первичную метеорологическую и аэрологическую информацию, а вторая – климатическую.

База первичной информации включает два массива. Первый из них содержит данные восьмисрочных (0, 3, ..., 21 ч по Гринвичу) метеорологических наблюдений за давлением на уровне станции (p_0 , гПа) и уровне моря (p , гПа), температурой (T , °С), точкой росы (T_d , °С), зональным (U , м/с) и меридиональным (V , м/с) ветром, общим количеством облаков (N , баллы), количеством облаков нижнего или среднего яруса (N_h , баллы) и сведения о кодовых значениях облаков нижнего C_L , среднего C_M и верхнего C_H ярусов. Второй содержит данные двухсрочных (00 и 12 ч по Гринвичу) радиозондовых наблюдений за геопотенциалом (H , гп. м), температурой, точкой росы, зональным и меридиональным ветром на семи стандартных изобарических поверхностях: 1000, 925, 850, 700, 500, 400 и 300 гПа, и уровнях особых точек по температуре и ветру, исключая геопотенциал.

База климатической информации содержит параметры локальных или среднеполигонных моделей, представленные профилями высотного распределения средних $\bar{\xi}$ и среднеквадратических σ_{ξ} отклонений давления p (гПа) или геопотенциальной высоты H (гп. м), температуры T (°С), точки росы T_d (°С), скорости зонального U (м/с) и меридионального V (м/с) ветра.

Пространственная организация базы климатической информации, содержащей параметры локальных моделей, представляет собой набор статистических характеристик вышеуказанных метеорологических величин, соответствующих одному из однородных районов заданного региона, определяемых с помощью упорядоченных координатных узлов.

Проектирование базы первичной и климатической информации проведено по методологии, изложенной в [6].

1.3. Подсистема восстановления вертикальных профилей метеовеличин

Эта подсистема, реализуемая в ИВС «Метео» впервые, предназначена для численного восстановления вертикальных профилей температуры и скорости зонального и меридионального ветра в пограничном слое атмосферы (до высоты 1,6 км) как в месте расположения аэрологической станции, так и в точках, удаленных от нее на расстояние до 50–100 км.

Программно-алгоритмическое обеспечение данной подсистемы разработано на основе оригинальной методики, изложенной в [5] и базирующейся на использовании алгоритма фильтра Калмана и двумерной динамико-стохастической модели вида

$$\xi_{h,k} = \sum_{m=h}^{h+i} \sum_{j=0}^K d_{m,j} \xi_{m,k-j} + \varepsilon_{h,k}, \quad (1)$$

где $\xi_{h,k}$ – значение централизованного метеорологического поля на высоте h и в момент времени k ; m – текущая высота восстановления; $i = 3$ – число учитываемых уровней; $j = 0, 1, \dots, K$ – значения дискретного времени, определяющие размер предиктора алгоритма фильтра Калмана; $d_{m,j}$ – неизвестные параметры, определяющие зависимость поля $\xi_{h,k}$ от его значений в предыдущие моменты времени $k - j$ на заданной и вышележащих i -х высотах; $\varepsilon_{h,k}$ – невязка модели.

Задача оценки параметров модели $d_{m,j}$, реализуемая на первом этапе по данным аэрологической станции (с координатами x_1, y_1), взятым в момент времени $k = 0$ и в предшествующие моменты времени с заблаговременностью j для высоты h и i -х вышележащих уровней, или по тем же данным, но с привлечением наземных измерений в точке (x_0, y_0) , где нет аэрологических наблюдений, решается с помощью линейного фильтра Калмана [7] с использованием:

– системы разностных уравнений состояния матричного вида

$$\mathbf{x}_{k+1}^t = \Psi_k \cdot \mathbf{x}_k^t + \omega_k^t, \quad (2)$$

где \mathbf{x}_{k+1}^t – вектор состояния, включающий в себя неизвестные и подлежащие оценке параметры $d_{m,j}$ для момента времени k ; Ψ_k – матрица перехода; ω_k^t – вектор шумов состояния;

– модели измерений, по данным которой в алгоритме фильтра Калмана проводится оценка состояния системы, а именно:

$$\mathbf{y}_k^0 = \xi_k^0 = \mathbf{H}_k \cdot \mathbf{x}_k^t + \varepsilon_k^0. \quad (3)$$

Здесь \mathbf{y}_k^0 – вектор фактических измерений, представляющий измерение на высоте h в момент времени k ; \mathbf{H}_k – вектор наблюдений, определяющий связь между истинными значениями переменных состояния и фактическими измерениями; ε_k^0 – вектор ошибок измерений.

На втором этапе на основе аэрологических измерений в точке (x_1, y_1) или с дополнительным привлечением метеорологических данных в точке (x_0, y_0) , где нет высотных наблюдений, осуществляется оценка поля $\xi_{h+1,k}$ в точке (x_0, y_0) с помощью выражения вида

$$\xi_{h+1,k} = \mathbf{H}_k^* \cdot \mathbf{x}_k^t, \quad (4)$$

где \mathbf{H}_k^* – вектор перехода для расчета значений поля ξ на высоте $h+1$ в момент времени k ; \mathbf{x}_k^t – оценка вектора состояния в момент времени k , полученная по аэрологическим данным, на первом этапе.

Общая блок-схема подсистемы восстановления представлена на рис. 2.

1.4. Подсистема сверхкраткосрочного прогноза параметров состояния атмосферы

Эта подсистема, отсутствующая в АМС [1], предназначена для сверхкраткосрочного (с заблаговременностью до 3–6 ч) прогноза приземных и высотных значений температуры, точки росы, скорости зонального и меридионального ветра в пограничном слое атмосферы (до высоты 1,6 км), проводимого на основе алгоритма, описанного в [3] и базирующегося на использовании линейного фильтра Калмана и двумерной динамико-стохастической модели вида

$$\xi_{h,k} = \sum_{m=h-i}^{h+i} \sum_{j=1}^K d_{m,j} \xi_{m,k-j} + \varepsilon_{h,k}. \quad (5)$$

Эта модель подобна модели (1), за исключением пределов изменения номера высоты прогноза m и дискретного времени j (в (1) m меняется от $m=h$, а дискретное время j меняется от 0 до K).

Процедура сверхкраткосрочного прогноза также реализуется в два этапа. На первом из них по значениям поля ξ в заданной точке (x_0, y_0) в момент времени k и предыдущие моменты времени на высоте h , а также на выше- и нижележащих уровнях оцениваются параметры $d_{m,j}$, а на втором этапе

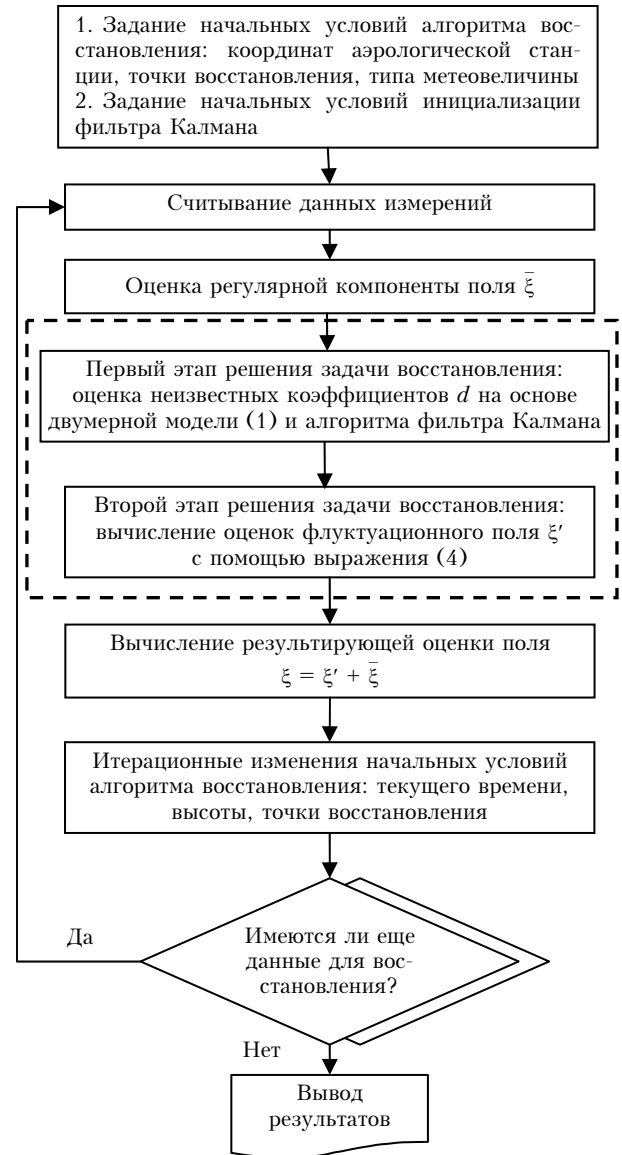


Рис. 2. Блок-схема подсистемы восстановления вертикальных профилей метеовеличин

по оцененным параметрам и с помощью уравнения прогноза вида

$$\xi_{h,k+1} = \sum_{m=h-i}^{h+i} \sum_{j=0}^{K-1} \hat{d}_{m,j} \xi_{m,k-j} \quad (6)$$

(здесь $\xi_{h,k+1}$ – оценка поля ξ на высоте h и в момент времени $k+1$; $\hat{d}_{m,j}$ – оцененные на k -м временном шаге неизвестные коэффициенты модели; $\xi_{m,k-j}$ – измеренные значения поля ξ в точке прогноза на высотах, начиная с $h-1$ по $h+1$, и в моменты времени с заблаговременностью K) восстанавливается значение метеорологического поля в заданный момент времени $k+1$ на всех взятых высотах.

Поскольку блок-схема подсистемы сверхкраткосрочного прогноза параметров атмосферы мало отличается от подсистемы восстановления, то здесь она не приводится.

1.5. Подсистема пространственной экстраполяции метеорологических полей

Данная подсистема предназначена для пространственной экстраполяции (интерполяции) мезо-метеорологических полей в заданную точку пространства, вдоль траектории с заданным азимутом α (град) и шагом экстраполяции (интерполяции) Δl (км) и в узлы выбранной регулярной сетки точек, осуществляемой по данным наблюдений локальной сети аэрологических станций.

Программно-алгоритмическое обеспечение подсистемы пространственной экстраполяции разработано впервые на основе алгоритма фильтра Калмана и оригинальной четырехмерной динамико-стохастической модели [4], которая записывается в виде

$$\xi_{i,h,k} = \sum_{j=1}^K a_j \xi_{i,h,k-j} + \sum_{m=1}^{M-1} b_m \xi_{i,m,k} + \sum_{s=1}^S \frac{c_s \xi_{s,h,k}}{\rho_{i,s}}, \quad (7)$$

где $\xi_{i,h,k}$ — поле возмущений в i -й точке на высоте h и в момент времени k ; K — максимальное число взятых предыдущих измерений; M — количество высот, используемых в формировании оценки поля ξ ; S — число пунктов наблюдений; a_j, b_m, c_s — неизвестные параметры, определяющие временную, высотную и пространственную зависимость между значениями поля ξ ; $\rho_{i,s} = \rho_0 / (\rho_0 - R_{i,s})$ — нормирующий коэффициент, учитывающий взаимное расположение аэрологических станций и точки восстановления в пределах заданного полигона (здесь ρ_0 — радиус пространственной корреляции, а $R_{i,s}$ — расстояние между i -й и s -й точками).

Поскольку параметры a_j, b_m, c_s неизвестны, то оценка поля ξ в заданной точке (x_0, y_0) с помощью модели (7) распадается на два этапа. На первом этапе, согласно [4], по значениям поля ξ в пунктах измерения (x_s, y_s) осуществляется оценка параметров модели a_j, b_m, c_s , для чего используется уравнение оптимального (калмановского) оценивания в матричном виде

$$\mathbf{x}_k^a = \mathbf{x}_k^f + \mathbf{K}_k (\mathbf{y}_k^0 - \mathbf{H} \cdot \mathbf{x}_k^f), \quad (8)$$

где \mathbf{x}_k^a — вектор проанализированных значений a_j, b_m, c_s (оценка вектора состояния) в момент времени k ; \mathbf{x}_k^f — вектор предсказанных значений тех же параметров в момент времени k ; \mathbf{K}_k — матрица весовых коэффициентов; \mathbf{H} — матрица наблюдений, определяющая функциональную связь между истинными значениями переменных состояния и фактическими измерениями.

На втором этапе на основе оценок вектора состояния \mathbf{x}_k^a с помощью выражения вида

$$\xi_k^a = \mathbf{y}_k^a = \mathbf{H}_k^* \cdot \mathbf{x}_k^a \quad (9)$$

(здесь $\xi_k^a = \mathbf{y}_k^a$ — оценка флуктуационной составляющей поля в точке (x_0, y_0) в момент времени k ; \mathbf{H}_k^* — матрица перехода) осуществляется собственно интерполяция поля ξ в заданную точку.

Для окончательной оценки поля ξ_0 в точке (x_0, y_0) используется выражение вида

$$\xi_0 = \xi_k^a + \bar{\xi}_0, \quad (10)$$

где $\bar{\xi}_0 = \sum_{i=1}^n q_i \xi_i / \sum_{i=1}^n q_i$ — оценка регулярной составляющей в той же точке (ξ_i — измеренное значение поля ξ в i -й точке (на станции), а $q_i = 1 - \left(\rho_{i,0} / \sum_{i=1}^n \rho_{i,0} \right)$ — весовой коэффициент при $\rho_{i,0} = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}$).

Подробнее алгоритм пространственной интерполяции изложен в [4], а соответствующая блок-схема представлена на рис. 3.

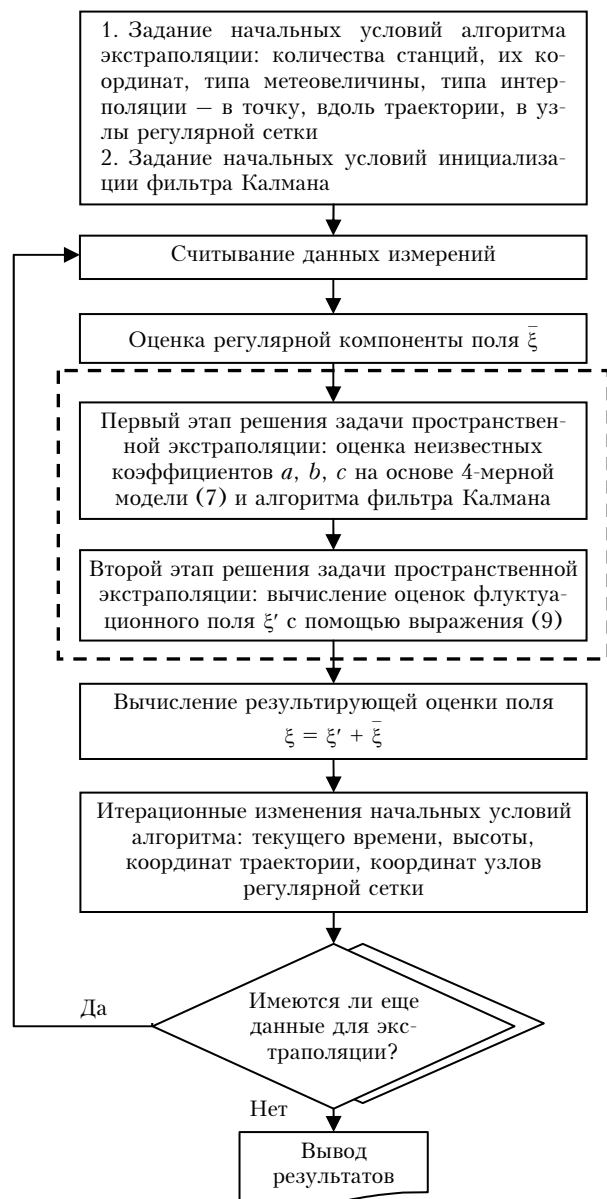


Рис. 3. Блок-схема пространственной экстраполяции метеорологических полей

1.6. Подсистема представления и визуализации информации

Эта подсистема, являющаяся второй вспомогательной подсистемой, обеспечивает реализацию следующих операций:

– представление результатов восстановления, сверхкраткосрочного прогноза и пространственной экстраполяции мезометеорологических полей в табличном и графическом виде;

– построение по данным интерполяции полей в узлы регулярной сетки их картографических изображений в виде изолиний температуры и точки росы, проводимых через 0,5–1,0 °С, а также изолиний геопотенциала (они даются через 0,5–2,0 дам) совместно с изображением (в виде стрелок с оперением) направления и скорости ветра, которые приняты у синоптиков;

– вывод данных расчетов на экран видеомонитора, файл или печать в табличном, графическом или картографическом видах.

1.7. Подсистема хранения вспомогательной и оперативной информации и результатов решения целевых задач

Эта подсистема является служебной, входит в структуру интерфейса пользователя и на рис. 1 не отражена. Она обеспечивает хранение всей требуемой вспомогательной информации (сведений о заданном мезомасштабном полигоне, станциях, сроках наблюдения, системе используемых вертикальных координат и т.п.) и оперативных данных, поступающих от источника данных (бюллетеней КН-01 и КН-04, файлов и БД), а также результатов решения целевых задач, связанных с восстановлением, сверхкраткосрочным прогнозом и экстраполяцией (интерполяцией) мезометеорологических полей.

2. Структура программы «Метео»

Эта структура, приведенная на рис. 4, состоит из пяти взаимодействующих компонентов: «Интерфейс пользователя», «Представление данных», «Полигон», «База первичных данных» и «База климатических данных», между которыми установлена связь.

Дадим более подробно описание каждого из компонентов, а также связей между ними.

«Интерфейс пользователя» реализует функции и диалоги для взаимодействия пользователя и программы, включающие в себя настройку программы (задание формата отображения данных, параметров для смыслового контроля данных, выбор решаемой целевой задачи и т.д.), задание начальной вспомогательной информации, т.е. задание полигонов и карт для них, выбор станции и системы вертикальных координат и т.п., а также другие операции. Он имеет связь с компонентами «Представление данных» и «Полигон».

Компонент «Представление данных» является своеобразным посредником между «Интерфейсом

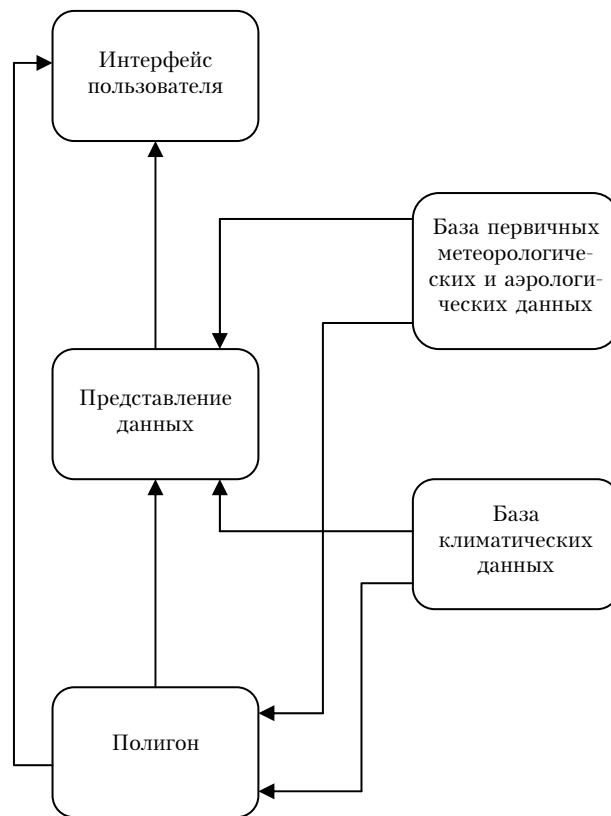


Рис. 4. Структура программы «Метео»

пользователя» и остальными компонентами, обеспечивая доступ пользователя к данным расчетов, первичной и климатической информации, а также к параметрам, задающим полигоны и станции, с которыми работает пользователь. Кроме того, по запросу пользователя он служит для отображения данных, полученных от этих компонентов в заданном формате (текстовом, табличном, графическом или картографическом).

Два компонента «База первичных данных» и «База климатических данных» отвечают за работу программы с БД, содержащих первичную и климатическую информацию. Они реализуют функции добавления, удаления и редактирования записей БД. Также они обеспечивают обработку запросов от пользователя и выборку данных по взятому критерию.

Объект «Полигон» является в программе «Метео» наиболее важным, поскольку он представляет собой модель того полигона, который выбирает пользователь (с помощью интерфейса пользователя) в начале работы с программой, и обеспечивает реализацию всех операций, связанных с обработкой и контролем входной информации, а также с решением целевых задач по восстановлению и сверхкраткосрочному прогнозу профилей метеорологических величин и пространственной экстраполяции метеополей в области мезомасштаба.

Важной особенностью предложенной структуры программы «Метео» является то, что она достаточно удобна для дальнейшей модификации и расширения ее функциональности.

3. Технические характеристики ИВС «Метео»

Рассмотрим кратко технические характеристики ИВС «Метео», которая реализована на персональном компьютере Pentium с оперативной памятью 512 Мбайт, ориентирована на работу в операционной среде Windows-XP и решает комплекс целевых задач для мезомасштабных полигонов размером до 500×500 км при соблюдении следующих условий:

количество используемых станций:	
– при восстановлении	1
и сверхкраткосрочном прогнозе	
– при пространственной экстраполяции (интерполяции)	3 и более
разрешение по пространству	10–50 км
разрешение по времени	3–6 ч
диапазон высот:	
– при восстановлении	
и сверхкраткосрочном прогнозе	0–1,6 км
– при пространственной экстраполяции (интерполяции)	0–8 км (1000–300 гПа)
дискретность по высоте:	
– при восстановлении	
и сверхкраткосрочном прогнозе	100–400 м
– при пространственной экстраполяции (интерполяции)	200–2000 м (25–100 гПа)
минимальное количество исходных измерений	3–4

Что касается эффективности алгоритмов, использованных в ИВС «Метео», то о ней пойдет речь во второй части настоящей статьи.

Заключение

Разработанная ИВС «Метео» обладает рядом преимуществ перед своим аналогом (АМС [1]). Новая система создана с использованием одной из последних версий программного пакета Delphi за 2006 г., усовершенствованного, дополненного, с исправленными внутренними ошибками по отношению к 6-й версии Delphi, примененной ранее в АМС, что позволяет говорить о большей надежности используемых компонентов.

Новый подход к хранению данных с привлечением бесплатной базы данных Firebird (БД) позволяет сократить время обработки бюллетеней и таким образом повысить производительность системы в целом. При дешифрировании данных для выбранных станций проводится проверка на их наличие в БД. Если данные есть, то вместо дешифрирования происходит извлечение, что намного быстрее процесса дешифрации. Во-вторых, есть возможность хранить данные не за 1 мес, а за большие периоды времени, что также ускоряет процесс работы с программой.

ИВС «Метео» ориентирована на работу в операционной системе «Windows». Программа занимает

мало места на жестком диске (порядка 10 Мбайт) и разработана таким образом, что в ней отсутствуют избыточные оперативные данные, т.е. копии данных и массивы архивной информации, что позволяет сократить объем используемой оперативной памяти. Таким образом, для работы системы могут использоваться компьютеры с небольшим объемом постоянной и оперативной памяти.

Использование многопоточности при дешифрировании, обработке, отображении и в других операциях с данными позволяет оптимизировать использование современных многопроцессорных компьютеров.

Наконец, ИВС «Метео» построена таким образом, что может легко дополняться новыми программными модулями, обеспечивающими ввод и обработку других видов метеорологической информации, получаемой, например, в результате дистанционного (лидарного, акустического и т.п.) зондирования, а также решение более широкого спектра целевых задач

1. Комаров В.С., Богушевич А.Я., Ильин С.Н., Креминский А.В., Попов Ю.Б., Попова А.И. Автоматизированная метеорологическая система для оперативной обработки аэрологической информации, диагностики и прогноза параметров состояния атмосферы в области мезомасштаба. Часть 1. Описание структуры системы // Оптика атмосфер. и океана. 2005. Т. 18. № 8. С. 699–707.
2. Комаров В.С., Богушевич А.Я., Ильин С.Н., Креминский А.В., Попов Ю.Б., Попова А.И. Автоматизированная метеорологическая система для оперативной обработки аэрологической информации, диагностики и прогноза параметров состояния атмосферы в области мезомасштаба. Часть 2. Результаты испытаний системы // Оптика атмосфер. и океана. 2005. Т. 18. № 8. С. 708–715.
3. Лавриненко А.В., Комаров В.С., Попов Ю.Б. Методика сверхкраткосрочного прогноза параметров состояния атмосферы на основе алгоритма калмановской фильтрации и двумерной динамико-стохастической модели // Оптика атмосфер. и океана. 2005. Т. 18. № 4. С. 344–348.
4. Komarov V.S., Lavrinenko A.V., Lomakina H.Ya., Popov Yu.B., Popova A.I. New Method of Spatial Extrapolation of Meteorological Fields on the Mesoscale Level Using a Kalman Filter Algorithm for a Four-Dimensional Dynamic-Stochastic Model // J. of Atmos. and Ocean. Technol. 2007. V. 24. N 2. P. 182–193.
5. Горев Е.В., Комаров В.С., Лавриненко А.В., Будаев В.В. Численное восстановление профилей температуры и ветра в пограничном слое атмосферы на основе алгоритма фильтра Калмана и двумерной динамико-стохастической модели. Часть 1. Методические основы // Оптика атмосфер. и океана. 2008. Т. 21. № 4. С. 323–326.
6. Кренке Д. Теория и практика построения баз данных. 8-е изд. СПб.: Питер, 2003, 800 с.
7. Сейдж Э.П., Мэлса Дж.Л. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. М.: Связь, 1976. 496 с.

V.S. Komarov, E.V. Gorev, A.Ya. Bogushevich, A.V. Lavrinenko. The «Meteo» data processing system for solution of meteorological application problems. Part 1. Main functions and system structure.

The main function, structure, and engineering factors of the data processing system «Meteo» are considered. This system is applied for solution of meteorological application problems.