



***КРОССПЛАТФОРМЕННЫЙ ДЕШИФРАТОР
МЕТЕО-ДААННЫХ В ФОРМАТЕ GRIB ДЛЯ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ ПО
ЭШЕЛОНАМ***

Автор:

**Ривкин Андрей Маркович,
МГТУ им. Н. Э. Баумана ИУ4-85**

Научный руководитель:

к.т.н, доцент Власов А. И.

Цель работы и решаемые задачи

Цель работы:

Разработка кроссплатформенного дешифратора метео-данных в формате GRIB для модуля обработки планов полетов по эшелонам.

Решаемые задачи:

- реализация алгоритмов получения, расшифровки и структурирования метео-данных зашифрованных в GRIB метео-файлах;
- разработка приложения для обработки метео-данных на языке C# с использованием библиотеки Nhibernate;
- отладка и тестирование разработанного приложения в различных условиях.

Актуальность работы

Существующая система планирования использования воздушного пространства имеет ряд недостатков:

- изменились организационная структура и функции органов ЕС ОРВД;
- различные слабосвязанные системы для управления воздушным пространством у гражданских и военных секторов;
- устарело программное и аппаратное обеспечение;
- слабое взаимодействие между системой планирования использования воздушного пространства и системой организации потоков воздушного движения;
- перегрузка органов обслуживающих воздушное движение из-за постоянно увеличивающихся потребностей в воздушных ресурсах при ограниченной пропускной способности воздушных секторов.

Модель расчета 4D - траектории

Расчет 4D Траектории -

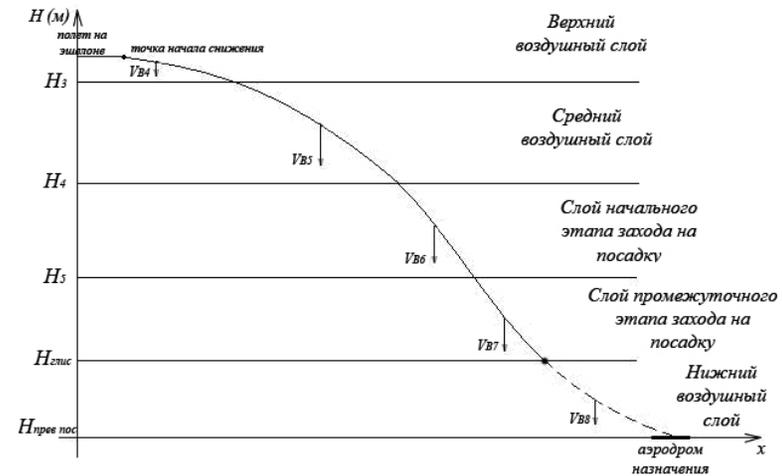
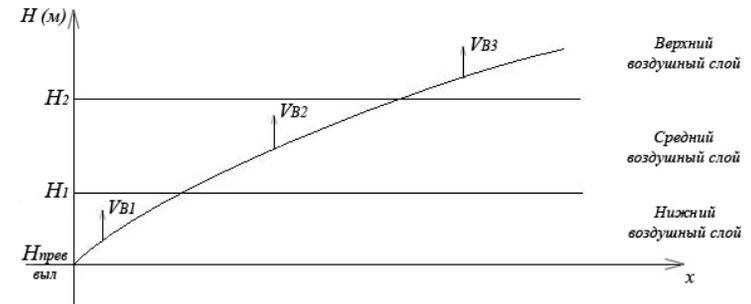
вычисление времени прохождения воздушным судном последовательных точек маршрута и соответствующих высот от начала до окончания полета на основании данных плана полета

Зачем нужно:

Текущие требования к достоверности информации, на основании которой принимаются решения в системах планирования воздушного движения, определяют учет как можно большего числа факторов при расчете, в противном случае эффективность принимаемых решений в процессах планирования будет снижаться.

При проведении расчетов полет принято рассматривать в последовательном прохождении следующих фаз:

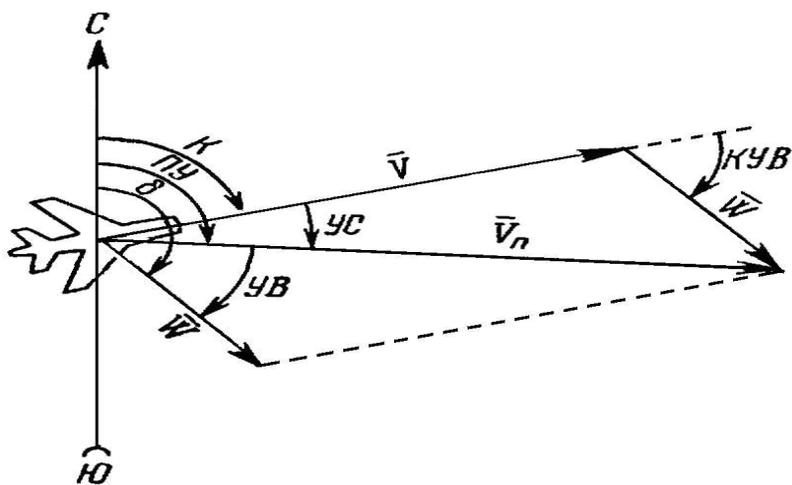
- *руление*
- *разбег*
- *набор высоты*
- *полет на эшелоне*
- *снижение до захода на посадку*
- *посадка*
- *пробег*



Полет на эшелоне

При полете на эшелоне для расчета траектории используются крейсерская скорость и крейсерский эшелон полета, а расчет производится с учетом ветра.

*Модель, учитывающая взаимное расположение участка трассы и скорости ветра по **GRIB***



GRIB (GRIdded Binary) — математический формат сжатых данных, обычно используемый в метеорологии для хранения исторических и прогнозируемых данных о погоде.

V - скорость перемещения ВС относительно воздушной среды;

W - скорость перемещения воздушных масс относительно земной поверхности;

V_n - скорость перемещения ВС относительно земной поверхности;

d - направление ветра – измеряется от северного направления меридиана по часовой стрелке от 0° до 360° .

K - курс ВС – угол в горизонтальной плоскости между северным направлением меридиана и продольной осью ВС;

$УС$ - угол сноса – угол между векторами воздушной и путевой скорости;

$ПУ$ - путевой угол – угол между северным направлением меридиана и направлением движения ВС относительно земной поверхности;

$УВ$ - угол ветра – угол между векторами путевой скорости и скорости ветра;

$КУВ$ - курсовой угол ветра – угол между вектором воздушной скорости и вектором ветра.

Расчёт 4D-траектории с учетом ветра

Входными данными для расчета служат значения скорости и направления ветра, передаваемые различными центрами (Вашингтон, Брекнелл, Москва) в формате GRIB:

На каждом участке скорость ВС раскладывается на составляющие U_c и V_c . Далее определяется средний ветер на этом участке, с учетом выбранного эшелона полета, причем учитывается ветер в начале, середине и в конце участка ($U_1, V_1, U_2, V_2, U_3, V_3$). Для нахождения скорости ветра на эшелоне, не совпадающем с уровнями отбора данных, применяется логарифмическая интерполяция:

$$u = (u_1(p + p_1)(p_2 - p) + u_2(p + p_2)(p - p_1)) / 2p(p_2 - p_1)$$

$$v = (v_1(p + p_1)(p_2 - p) + v_2(p + p_2)(p - p_1)) / 2p(p_2 - p_1)$$

где U_1, P_1, V_1 и U_2, P_2, V_2 - составляющие ветра и давление на уровнях выше и ниже интерполируемого.

Для нахождения скорости ветра на конкретном уровне, но в произвольной точке применяется билинейная интерполяция:

$$u = u_a + (u_d - u_a)Dx + (u_b - u_a)Dy + (u_a - u_b + u_c - u_d)DxDy$$

$$v = v_a + (v_d - v_a)Dx + (v_b - v_a)Dy + (v_a - v_b + v_c - v_d)DxDy$$

где U_i, V_i - значения составляющих скорости ветра в узлах регулярной сетки, D_x, D_y - шаги сетки.

Средний ветер на участке трассы:

$$v_{10mp} = (v_1 + v_2 + v_3) / 3$$

$$u_{10mp} = (u_1 + u_2 + u_3) / 3$$

Путевая (суммарная)

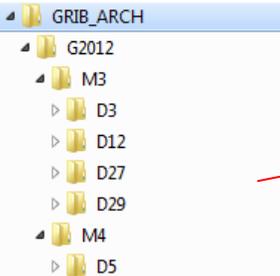
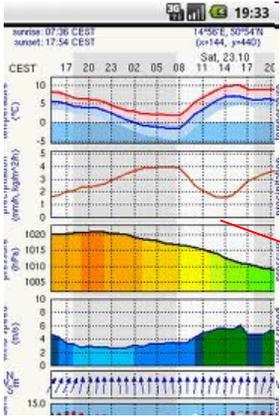
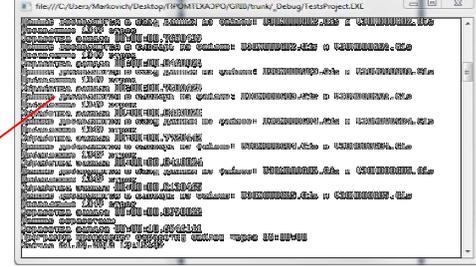
скорость ВС с учетом ветра: $v_{cv} = v_c + v_{10mp}$

$$v_{cv} = v_c + v_{10mp}$$

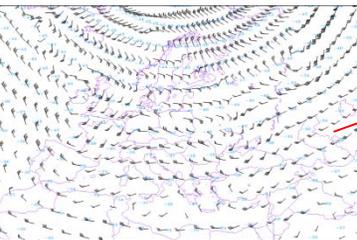
$$u_{cv} = u_c + u_{10mp}$$

Структурная схема МЕТЕО-блока

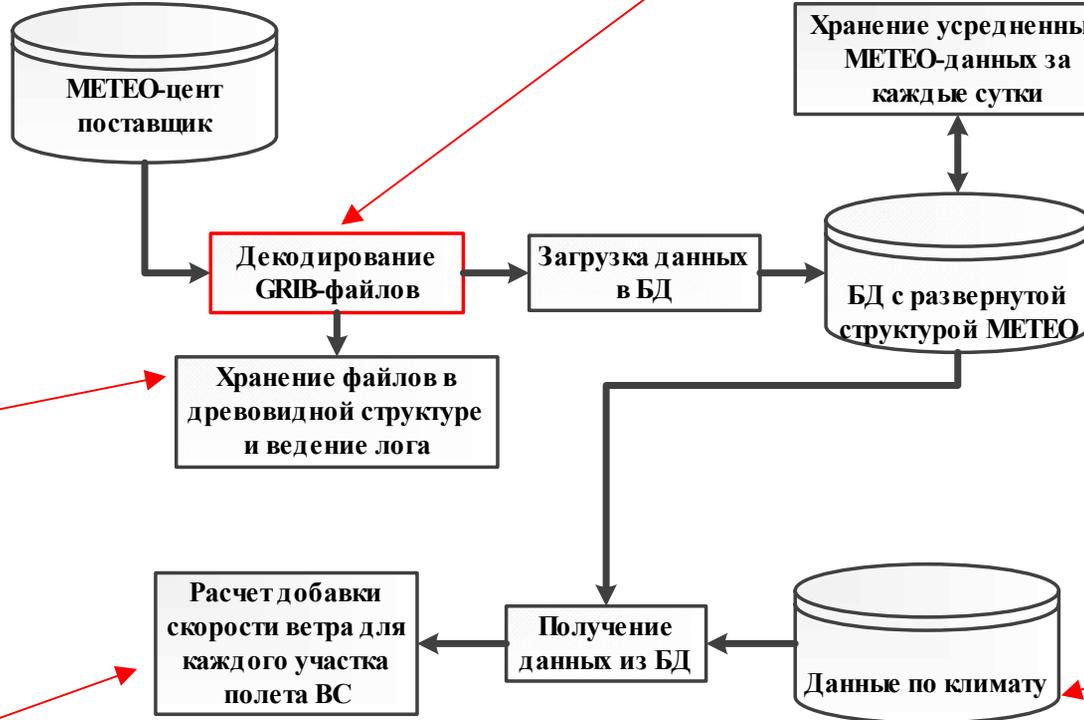
Модуль GRIB –
дешифратор
метео-данных



Древовидная структура
хранения файлов



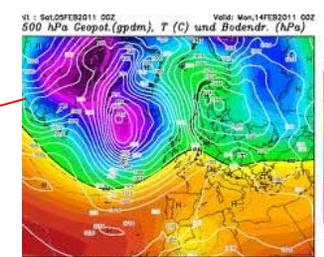
Визуализация
результатов расчета



Суточный прогноз

U	V	HEIGHT	FORECAST	CELL_ID	MOON_ID	
1	2	12	4500	18	20213	022
2	1	12	4500	21	20213	022
3	1	14	4500	24	20213	022
4	0	16	4500	27	20213	022
5	0	16	4500	30	20213	022
6	2	16	4500	33	20213	022
7	3	16	4500	36	20213	022
8	2	2000	6	20213	022	
9	4	8	3000	9	20213	022
10	4	8	3000	12	20213	022
11	2	8	3000	15	20213	022
12	-1	9	3000	18	20213	022
13	0	11	3000	21	20213	022
14	0	12	3000	24	20213	022
15	-1	12	3000	27	20213	022
16	0	11	3000	30	20213	022

Метео-данные



Климатические данные

Кроссплатформенный дешифратор

Реляционная модель данных для метео-блока

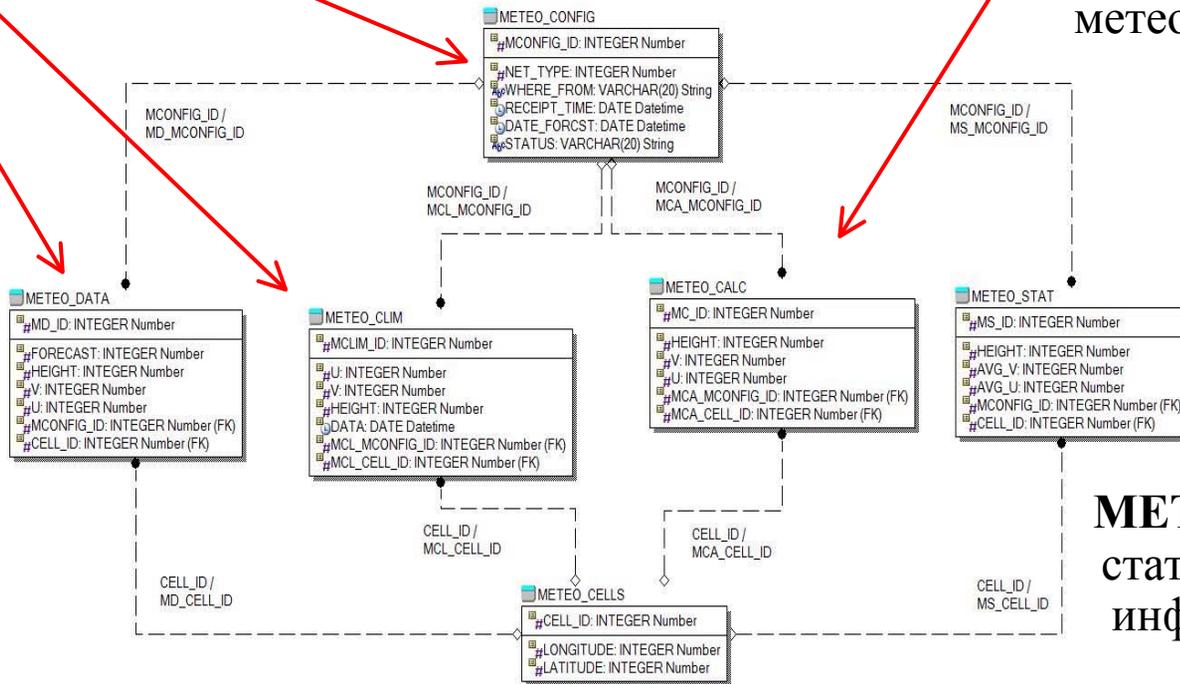
МЕТЕО_CLIM
климатические
данные

МЕТЕО_CONFIG – Информация о прогнозе
(дата прогноза, тип сетки, информация о
поставщике)

МЕТЕО_CALC
рассчитанные
метео-данные.

МЕТЕО_DATA
данные прогноза.

- зональная и меридиональная составляющие ветра
- высота эшелона
- заблаговременность прогноза



МЕТЕО_STAT
статистическая
информация о
погоде

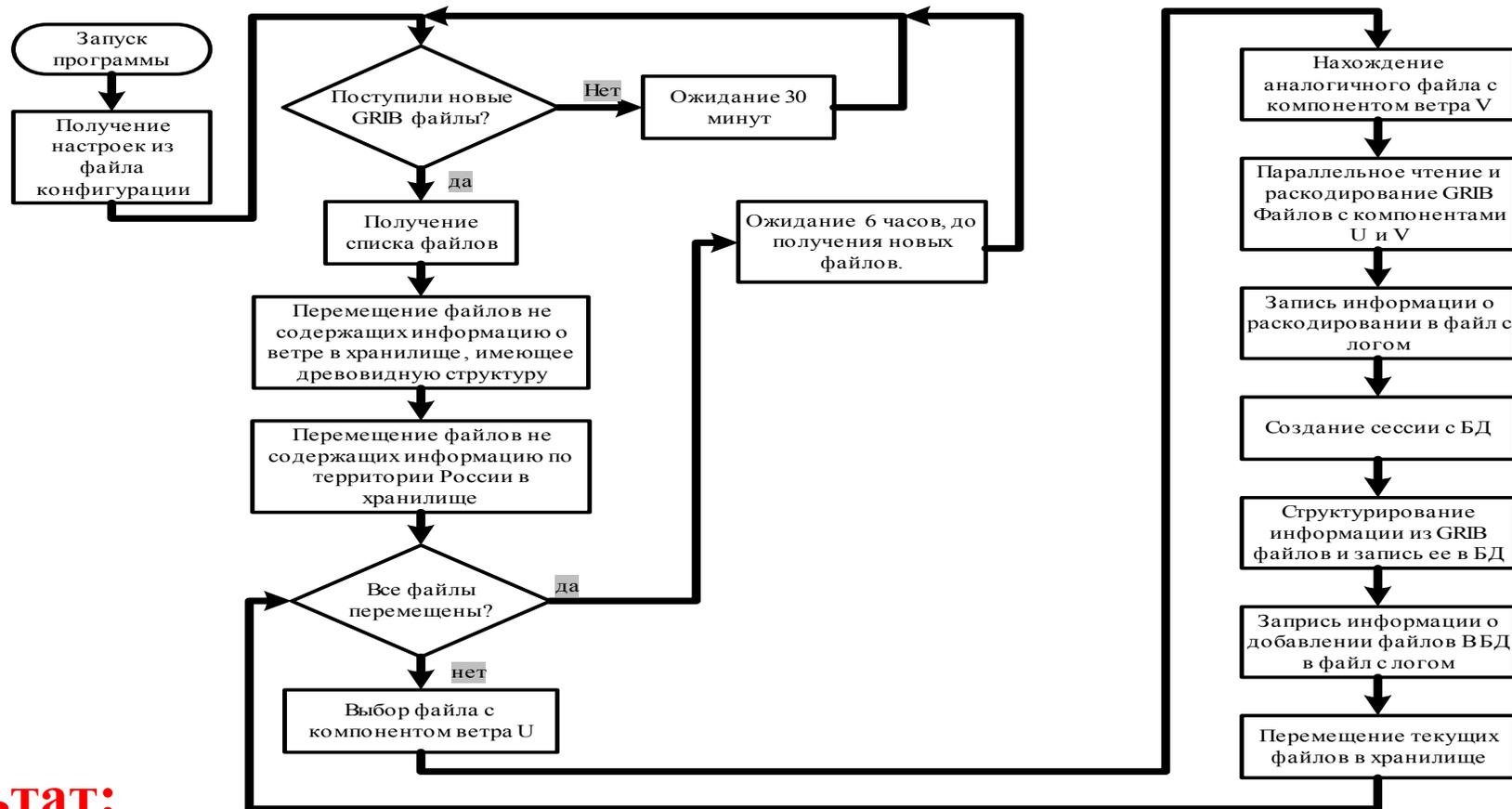
МЕТЕО_CELLS – данные о
ячейках сетки. Долгота и широта.

Результат:

- ✓ Хранение и накопление статистических данных;
- ✓ Быстрый доступ к необходимой метео-информации;
- ✓ Хранение метео-данных в расшифрованном виде;

Кроссплатформенный дешифратор

Алгоритм декодирования GRIB-файлов



Результат:

- ✓ Автономная работа, без необходимости непосредственного участия человека;
- ✓ Создание банка исходных файлов, имеющего древовидную структуру по времени;
- ✓ Расшифрованная и структурированная метео-информация из GRIB файлов;

Кроссплатформенный дешифратор

Реализация дешифратора метео-данных в формате GRIB

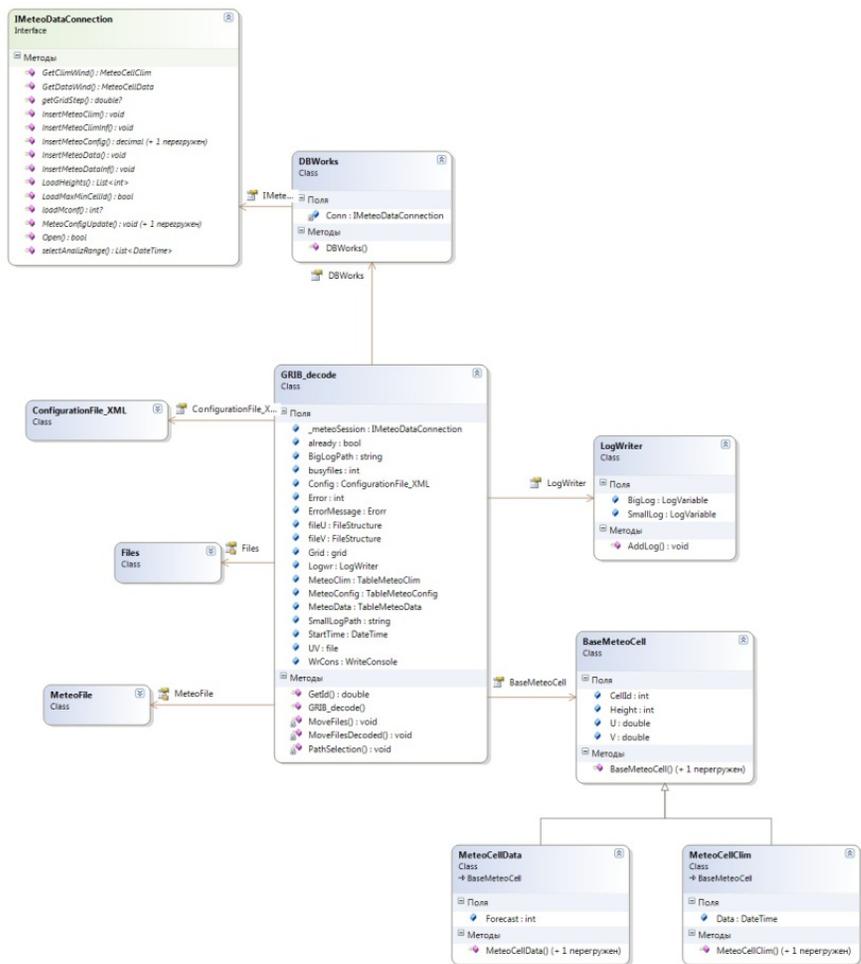
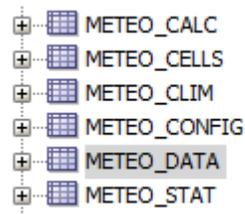


Диаграмма классов дешифратора метео-данных

	U	V	HEIGHT	FORECAST	CELL_ID	MCONF_ID
1	2	12	4500	18	20213	822
2	1	12	4500	21	20213	822
3	1	14	4500	24	20213	822
4	0	16	4500	27	20213	822
5	0	16	4500	30	20213	822
6	2	16	4500	33	20213	822
7	3	16	4500	36	20213	822
8	5	2	3000	6	20213	822
9	4	5	3000	9	20213	822
10	4	8	3000	12	20213	822
11	2	8	3000	15	20213	822
12	-1	9	3000	18	20213	822
13	0	11	3000	21	20213	822
14	0	12	3000	24	20213	822
15	-1	12	3000	27	20213	822
16	0	11	3000	30	20213	822

Данные таблицы METEO_DATA



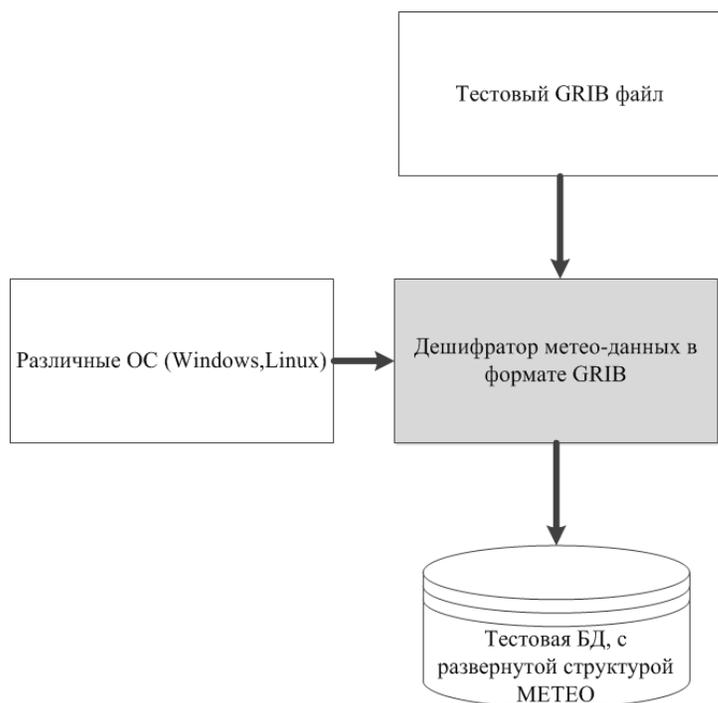
Структура БД METEO-блока

```

DESCR METEO_DATA
Name      Null Type
-----
U         NUMBER(6,3)
V         NUMBER(6,3)
HEIGHT   NUMBER(4)
FORECAST NUMBER(3)
CELL_ID  NUMBER(6)
MCONF_ID NUMBER
    
```

Описание таблицы METEO_DATA

Функциональное тестирование дешифратора метео-данных в формате GRIB

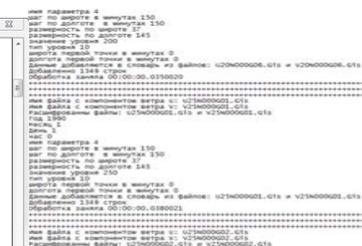
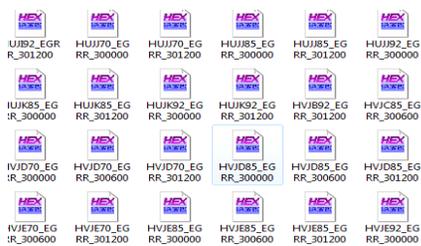
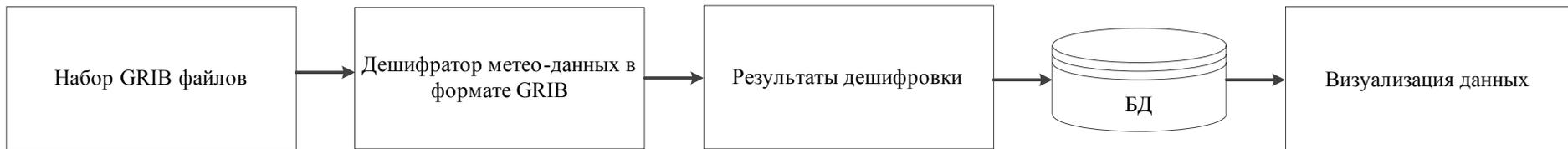


- Обработано 439 GRIB файлов;
- Обработка заняла ~11 минут;
- Среднее время дешифровки 2х GRIB файлов ~0.727 сек.;
- В базу данных было добавлено 1349 записей с информацией о зональной и меридиональной составляющей ветра;
- Всего в базу данных было добавлено 157833 записи из одного прогноза;
- Тестирование тестовых файлов и тестирование работы в реальных условиях (создан эмулятор Метео-Центра)

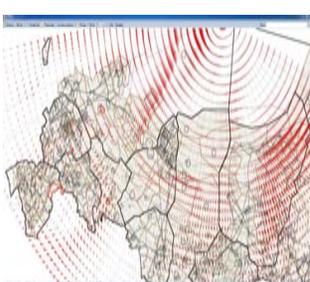
Результаты:

- Дешифратор метео-данных функционирует на разных операционных системах (Windows 7, Red Hat Linux)
- За 100 последовательных итераций дешифровки, проблем не выявлено.

Результаты работы дешифратора метео-данных в формате GRIB



	U	V	HEIGHT	FORECAST	CELL_ID	MCONF_ID
1	2	12	4500	18	20213	822
2	1	12	4500	21	20213	822
3	1	14	4500	24	20213	822
4	0	16	4500	27	20213	822
5	0	16	4500	30	20213	822
6	2	16	4500	33	20213	822
7	3	16	4500	36	20213	822
8	5	2	3000	6	20213	822
9	4	5	3000	9	20213	822
10	4	8	3000	12	20213	822
11	2	8	3000	15	20213	822
12	-1	9	3000	18	20213	822
13	0	11	3000	21	20213	822



Исходные данные:

Набор GRIB файлов, содержащих метео-прогноз для всего северного полушария Земли.

Прогнозы для разных высот и с разной заблаговременностью.

Результат:

Выбраны только необходимые данные (Россия).

Вся информация, хранящаяся в файлах, расшифрована.

Создан банк исходных данных, имеющий древовидную структуру.

Результат:

Сформирован лог файл, содержащий полную информацию о расшифровке.

Все GRIB файлы перемещены в банк данных.

Результат:

Расшифрованные данные записываются в базу данных Oracle.

Результат:

Программа визуализации, на основе данных из БД, наносит метео-информацию на географическую карту.

Выводы

- Разработана модель расчета 4D-траектории с учетом ветра;
- Разработана реляционная модель данных для хранения метео-информации в БД;
- Разработаны скрипты создания структуры БД;
- Разработаны и реализованы алгоритмы получения метео-информации;
- Разработан модуль системы управления полетами по эшелонам - кроссплатформенный дешифратор метео-данных в формате GRIB;
- Произведено функциональное тестирование модуля как отдельно, так и в составе всего метео-блока;

Апробация и внедрение

Апробация:

Материалы работы были представлены на 14-ой Международной научно-технической конференции "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы".

По материалам и основному содержанию работы опубликованы 2 научные работы в научно-технических журналах и трудах конференций.

1. Ривкин А.М. Модель полета воздушных судов на эшелоне (77-30569/255556) // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2011 №11. - С. 15-15.(журнал ВАК)

2. Ривкин А.М., Арутюнян Д.В. Оптимизация использования воздушного пространства при помощи метео-информации по GRIB // Сборник докладов 14-ой международной научно-технической конференции "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы". - Москва, МГТУ им.Н.Э.Баумана, 25-26 апреля 2012 г. - С. 192-197.

Внедрение:

Результаты работы использованы в ОАО "НТЦ Промтехаэро" (г. Москва) для создания и внедрения централизованной службы обработки планов полетов.



Вопросы

