

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 519.7113:656.7.039.1/2

На правах рукописи

ИВАНОВ
Виталий Владимирович

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ
СРЕДСТВА АНАЛИЗА ДАННЫХ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ
АВИАБИЛЕТОВ И СОПУТСТВУЮЩИХ УСЛУГ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра экономических наук

по специальности 1-25 80 08 – Математические
и инструментальные методы экономики

Минск 2017

Работа выполнена на кафедре экономической информатики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **АЛЁХИНА Алина Энодиевна**,
кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической информатики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **АКИНФИНА Марина Александровна**,
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет»

Защита диссертации состоится «26» января 2017 г. года в 10⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. Платонова 39, корп. 5, ауд. 806, тел. 293-89-92, e-mail: kafei@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

СОГЛАСОВАНО:
научный руководитель
канд. экон. наук, доцент

А.Э. Алёхина

ВВЕДЕНИЕ

Ключевой целью деятельности любой авиакомпании является максимизация прибыли. В процессе достижения данной цели в условиях ограничений, накладываемых государством, и имеющей место конкуренции со стороны других перевозчиков, каждая авиакомпания сталкивается с проблемой обеспечения регулярности полетов.

При этом к оценке обозначенной проблемы нельзя подходить только с позиций качества услуг, поскольку несоблюдение сроков вылета и прилета авиарейсов влечет за собой крупные уплаты авиакомпанией штрафных санкций пассажирам, грузополучателям и грузоотправителям, а также аэропортам, если задержки рейсов происходят по вине авиакомпании.

Если не считать причины задержек рейсов, вызванных объективными условиями (экстремальные метеорологические условия, специальные государственные решения), то все остальные причины, в конечном счете, связаны с организацией работы авиакомпании и аэропорта.

В этой связи становится крайне актуальной задача выработки рекомендаций руководству авиакомпаний по разработке организационных мероприятий, имеющих своей целью снизить потери возможной прибыли вследствие задержек рейсов. Задача по разработке таких рекомендаций усложняется тем фактом, что время задержек рейсов, так и их количество представляют собой потоки случайных событий, зависящих от месяца года, дня недели и времени суток. Из чего можно заключить, что каждой авиакомпании необходимо иметь в своем распоряжении соответствующие статистические оценки и, в первую очередь, оценки возможных экономических потерь для разработки таких мероприятий.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Непрерывный рост интенсивности воздушного движения, несовершенство методов прогноза метеорологических условий, возникновение различных экстремальных ситуаций привели к появлению проблемы задержек вылета и прилета воздушных судов гражданской авиации. Ввиду этого авиакомпании всего мира несут колоссальные экономические потери, а также испытывают рост массового недовольства клиентов.

Тем временем авиакомпании и научно-исследовательские учреждения собирают большие объемы оперативных данных систем резервирования авиабилетов.

Становится очевидным факт необходимости разработки эффективных математических моделей прогнозирования задержек прилета и вылета авиарейсов на основе анализа собираемых данных систем резервирования. Такие модели позволят авиакомпаниям получать полезную информацию, которая впоследствии может быть использована для принятия лучшего управленческого решения.

Степень разработанности проблемы

Энди Чаттерджи и Генрих Мюллер в своей работе создали математическую модель, основанную на нормальном распределении и распределении Пуассона для того, чтобы смоделировать задержки вылета и прилета авиарейсов.

Лю Цонгли в своей работе рассчитал процент задержанных авиарейсов определенного аэропорта на основе результатов анализа, используя методы регрессионного дерева и нейронных сетей.

Юфенг Тью и Майкл Болл в своих работах применили сплайн-функцию и модифицированный генетический алгоритм для оценки распределения задержек вылета авиарейсов. Построенная модель включает в себя сезонный и дневной тренды, а также случайный остаток.

Винцент Мартинез в своих работах рассматривали данную проблему, опираясь на долгосрочных данных авиакомпаний и используя метод ядерной оценки плотности.

Однако разработанные модели с подходящими параметрами и большой базой данных не берут во внимание факторы реального времени, которые оказывают значительное влияния на возникновение и продолжительность задержек вылета и прилета авиарейсов.

Цель и задачи исследования

Цель диссертации состоит в исследовании математических методов с целью разработки моделей прогнозирования задержек вылета и прилета авиарейсов на основе данных систем резервирования авиабилетов и данных погодных условий.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

1. Охарактеризовать данные систем резервирования авиабилетов в рамках исследования проблемы обеспечения регулярности полетов воздушных судов и изучить современные математические методы их обработки.
2. Разработать и проанализировать математическую модель прогнозирования задержек вылета авиарейсов на основе анализа данных системы резервирования авиабилетов.
3. Разработать и проанализировать математическую модель прогнозирования задержек прилета авиарейсов, которая помимо данных системы резервирования авиабилетов учитывает данные о погодных условиях; а также разработать веб-приложение на базе построенной модели в целях ее практического использования.

Область исследования

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-25 80 08 «Математические и инструментальные методы экономики».

Теоретическая и методологическая основа исследования

Основой исследования послужили работы зарубежных ученых в области анализа данных в сфере гражданской авиации, а также методы анализа распределений, регрессионного и корреляционного анализа.

Информационная база исследования сформирована на основе базы статистических данных с различных систем резервирования авиакомпаний, которые представлены в публичном доступе на сайте Бюро статистики транспорта США. Кроме того, были использованы оперативные информационные Интернет-ресурсы для получения актуальной информации о метеорологических условиях.

Научная новизна

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в построении оригинальных математических моделей прогнозирования задержек вылета и прилета авиарейсов на основе данных систем резервирования авиабилетов.

Теоретическая значимость работы заключается в предложении подробной классификации факторов, оказывающих наибольшее влияние на задержки вылета и прилета авиарейсов и описании процесса анализа данных систем резервирования авиабилетов, а также в построении математических моделей прогнозирования, учитывающих вышеупомянутые факторы.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что предложенные математические модели прогнозирования задержек прилета и вылета авиарейсов унифицированы и пригодны к реализации в любой авиакомпании. На их основе с минимальными стилистическими правками может быть разработана методика анализа и оценки задержек рейсов и регулярности полетов воздушных судов, как отдельной авиакомпании, так и отрасли в целом.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Исследование организации регулярности полетов воздушных судов гражданской авиации, основанное на анализе данных систем резервирования, позволяющее выявить основные факторы, влияющие на возникновение и величину задержек вылета и прилета авиарейсов.

2. Математическая модель прогнозирования вылета авиарейсов, основанная на базе *ARIMA*-модели, позволяющая определить величину задержки вылета авиарейсов, учитывая анализ данных систем резервирования.

3. Математическая модель прогнозирования прилета авиарейсов, основанная на множественной линейной регрессии, позволяющая определить величину задержки прилета авиарейсов, учитывая анализ, как данных систем резервирования, так и актуальных данных о метеорологических условиях. Веб-приложение, основанное на построенной модели, позволяющее получить прогнозную величину задержки прилета любого авиарейса в реальном времени.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследования представлены на Международной научной конференции «Актуальные научные исследования в современном мире». Украина, 2016 г. и на Международной научно-практической конференции «Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности» Уфа, Российская Федерация, 2017 г.

Публикации

Основные положения диссертации и результаты исследования изложены в трех опубликованных работах общим объемом 15 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе исследованы статистические данные систем резервирования авиабилетов, выявлено наличие проблемы обеспечения регулярности полетов, определены факторы, влияющие на задержки вылета и прилета авиарейсов, исследованы и систематизированы основные математические методы и модели для обработки временных рядов и прогнозирования.

Во второй главе описана, проверена и оценена математическая модель прогнозирования задержек вылета авиарейсов, основанная на базе *ARIMA*-модели, позволяющая получить величину задержки вылета авиарейсов, учитывая анализ данных систем резервирования.

В третьей главе описана, проверена и оценена математическая модель прогнозирования задержек прилета авиарейсов, которая помимо данных систем резервирования также учитывает актуальные данные метеорологических условий; разработано веб-приложение, применяющее построенную модель на практике.

В приложении представлены графические материалы и публикации автора.

Общий объем диссертационной работы составляет 89 страниц. Из них 63 страницы основного текста, 30 иллюстраций на 8 страницах, 12 таблиц на 7 страницах, библиографический список из 63 наименований на 4 страницах, список собственных публикаций соискателя из 3 наименований на 1 странице, 2 приложения на 21 странице.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы регулярности полетов воздушных судов в области гражданской авиации, указаны основные направления исследований, проводимых по данной тематике, а также описано обоснование актуальности темы.

В общей характеристике работы показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В первой главе в ходе исследования статистических данных систем резервирования авиабилетов о задержках вылета и прилета авиарейсов было выявлено наличие проблемы обеспечения регулярности полетов, из-за которой авиакомпания всего мира несут убытки.

В ходе анализа определены основные факторы, влияющие на сам факт возникновения и величину задержек вылета и прилета воздушных судов гражданской авиации. Задержки рейсов могут происходить по причинам организационного и технического характера (организация работы авиакомпаний и аэропортов), безопасности (экстренные ситуации, такие как террористические атаки и т.п.), неблагоприятных метеорологических условий для совершения полета (облачность, туман, осадки и т.п.).

Исследованы и систематизированы основные математические методы и модели для обработки временных рядов и прогнозирования, которые впоследствии будут использованы для построения математических моделей.

Во второй главе описана математическая модель прогнозирования вылета авиарейсов, основанная на базе ARIMA-модели, позволяющая получить величину задержки вылета авиарейсов, учитывая анализ данных систем резервирования.

После адаптации статистических данных посредством среды R были получены коэффициенты модели (рисунок 1).

```

arima(x = y3, order = c(2, 1, 2))
Coefficients:
      ar1      ar2      ma1      ma2
    0.6953  0.0236 -1.6597  0.6598
s.e.  0.0158  0.0057  0.0149  0.0149
sigma^2 estimated as 1852:  log likelihood = -172776.5,
                             aic = 345563

```

Рисунок 1 – Результат определения коэффициентов модели в среде R

Из результатов, приведенных на рисунке 1, значения коэффициентов авторегрессионной модели (AR) составляют 0,6953 и 0,0236 со значениями стандартной ошибки 0,0158 и 0,0057 соответственно. А значения коэффициентов модели скользящего среднего (MA) составляют -1,6597 и 0,6598 с одинаковым значением стандартной ошибки, составляющим 0,0149.

Полученная модель успешно прошла тестирование на адекватность посредством Q-теста Льюнга-Бокса. Рисунок 2 содержит результаты теста, где

полученное значение p свидетельствует о том, что построенная модель статистически достоверна.

Box-Ljung test

data: y3.fit\$resid

X-squared = 141.7454, df = 6, p-value < 2.2e-16

Рисунок 2 – Результаты Q-теста Льюнг-Бокса в среде R

Модель показала высокий результат точности прогнозирования при ее оценке. Для оценки данной модели основное внимание было уделено вероятности того, что задержка авиарейса будет меньшей, чем фиксированная величина в минутах. Были использованы 80 % исходных данных в период с 2012 – 2014 как основа для прогнозирования, а остальные 20 % – для сравнения реальных данных с результатами прогноза.

Таблица 1 доказывает достоверность полученной модели. Она отражает результаты тестирования на вероятности того, что величина задержки вылета авиарейсов будет в пределах часа и двух часов. Вероятность, рассчитанная на основании реальных данных, составляет 91,8 % и 2,78 % соответственно.

Таблица 1 – Результаты оценки построенной модели

Год	Вероятность задержки ≤ 60 мин., %	Вероятность задержки ≥ 120 мин., %
2012 (реальные данные)	90,9	3,2
2013 (реальные данные)	93,2	2,2
2014 (реальные данные)	91,3	2,9
Среднее за 2012 – 2014 (реальные данные)	91,8	2,78
2012 – 2014 (прогноз)	92,3	2,6

Следовательно, прогноз можно считать высокоточным на уровне реальных вероятностей.

В третьей главе описана математическая модель прогнозирования задержек прилета авиарейсов, которая помимо данных систем резервирования также учитывает актуальные данные метеорологических условий.

Преимущество новой модели в том, что она учитывает каждый авиарейс в конкретном аэропорте вместо принятия допущения, что все авиакомпании имеют схожую модель задержек авиарейсов. Очевидно, что задержки каждого авиарейса уникальны, т.к. у каждого конкретного авиарейса свое расписание, самолет, экипаж, условия аэропорта, метеорологические условия. В данной модели все факторы реального времени можно условно разделить на категории основных факторов и факторов погоды.

Для дополнительного учета фактора погодных условий была использована множественная регрессия. В роли объясняющих переменных модели выступили скорость ветра, видимость и атмосферные условия. Время задержки в минутах по причине погодных условий – зависимая переменная.

С учетом всего вышеперечисленного, функция множественной линейной регрессии имеет следующий вид:

$$y_i = \beta_1 \omega_i + \beta_2 v_i + \beta_3 s_i + \varepsilon_i, i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где w_i – скорость ветра;
 v_i – видимость;
 s_i – атмосферные условия;
 y_i – значение задержки авиарейса i .

После адаптации статистических данных посредством среды R были получены коэффициенты и характеристики модели, используя пакет *Microsoft Excel* (таблицы 2 и 3).

Таблица 2 – Регрессионная статистика полученной модели

Показатель	Значение
Множественный R	0,870
R -квадрат	0,758
Нормированный R -квадрат	0,742
Стандартная ошибка	638,065
Наблюдения	34

Таблица 3 – Коэффициенты полученной модели

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t -статистика	P -значение
Y-пересечение	-0,39290192	0,066517714	-5,90673	3,5929E-09
Скорость ветра	3,319389823	0,024575518	135,069	0
Видимость	8,308365516	0,078569962	105,7448	0
Атмосферные условия	0,764536517	0,050899816	15,02042	1,7056E-50

Из таблицы 3 следует, что коэффициенты параметров скорости ветра, видимости и атмосферных условий равняются 3,319389823, 8,308365516 и 0,764536517 соответственно, а величина свободно члена равна -0,39290192. Следовательно, функцию множественной линейной регрессии выражается следующим образом:

$$y_i = 3,319389823 \cdot \omega_i + 8,308365516 \cdot v_i + 0,764536517 \cdot s_i + 0,39290192, i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

В итоговой модели коэффициент детерминации R -квадрат (таблица 2) равняется 0.901586432, что является очень высоким показателем и означает,

что 90 % случаев задержки авиарейса из-за погодных условий могут быть объяснены посредством скорости ветра, видимости и атмосферных условий.

Построенная модель была оценена по аналогии с процедурой оценки первой модели: 80 % данных были использованы для составления прогноза на период времени для оставшихся 20 %. В итоге получены результаты, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты оценки построенной модели

Номер авиарейса	Точность прогноза (≤ 15 минут)	Точность прогноза (≤ 30 минут)
59	80%	80%
69	60%	90%
85	70%	100%
108	70%	80%
122	90%	90%
167	70%	90%
177	90%	100%
179	80%	100%
193	80%	80%
197	90%	90%
203	80%	80%
219	90%	90%
275	90%	90%
323	80%	80%
329	80%	90%
399	70%	90%
1105	90%	100%
1399	90%	90%
1427	80%	80%
1521	80%	80%
1524	90%	90%
1536	80%	100%
1585	70%	90%
1658	80%	90%
1677	90%	90%
2245	80%	80%
2356	90%	90%
2411	90%	100%
2455	80%	100%
2456	80%	90%
2457	70%	100%
2465	90%	90%

Из результатов прогноза, приведенных в таблице 4, можно рассчитать, что 81,25 % полученных величин отличаются от реальных не более, чем на 15 минут, 90 % полученных величин – не более, чем на 30 минут. Это свидетельствует о высокой устойчивости построенной модели прогнозирования

Также в данной главе было разработано веб-приложение, применяющее построенную модель прогнозирования прилета авиарейсов. В качестве

языка программирования была использована *Java*. Кроме этого, использовалась библиотека *RCaller*, позволяющая выполнять *R*-код в среде *Java*, а также фреймворк для автоматизации сборки проектов *Maven*.

Результаты прогнозирования рейса 59 авиакомпании *American Airlines*, прилетающего в Международный аэропорт Сан-Франциско, полученные посредством разработанного приложения, представлены на рисунке 3.




Результаты прогноза	
Номер рейса	59
Код аэропорта вылета	JFK
Терминал вылета	8
Время вылета по расписанию	2016-12-11T08:00:00.000
Код аэропорта прилета	SFO
Время прилета по расписанию	2016-12-11T11:10:00.000
Терминал прилета	2
Уже приземлился	Нет
Прогнозируемая задержка, мин.	36.243294

Рисунок 3 – Страница с результатом прогнозирования

На рисунке 4 представлена реальная информация о рейсе 59, который совершал полет на момент проведения тестирования веб-приложения.

Как видно из информации на рисунке 4 реальная задержка составила 27 минут. Сравнивая с полученным прогнозным значением 36, можно смело заявить, что прогноз задержки прилета был совершен с высокой точностью.

American Airlines 

(AA) American Airlines 59
(JFK) New York, NY, US to (SFO) San Francisco, CA, US

Status:
Landed - Delayed 27 minutes
Last change to status 46 minutes ago

DEPARTURE	ARRIVAL
Scheduled Departure: 8:00 AM - Sun DEC-11-2016	Scheduled Arrival: 11:10 AM - Sun DEC-11-2016
Actual Departure: 7:55 AM - Sun DEC-11-2016	Actual Arrival: 11:37 AM - Sun DEC-11-2016
Arrival Gate: 56A (Terminal 2)	Baggage Claim: 2

Рисунок 4 – Статус авиарейса 59 с реальным значением задержки

Данный пример является наглядным доказательством достоверности разработанной математической системы, которая легла в основу представленного веб-приложения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. В ходе исследования статистических данных систем резервирования авиабилетов о задержках вылета и прилета авиарейсов и определены основные факторы, влияющие на сам факт возникновения и величину задержек вылета и прилета воздушных судов гражданской авиации. Задержки рейсов могут происходить по причинам организационного и технического характера (организация работы авиакомпаний и аэропортов), безопасности (экстренные ситуации, такие как террористические атаки и т.п.), неблагоприятных метеорологических условий для совершения полета (облачность, туман, осадки и т.п.). Рассмотрены основные математические методы и модели, подходящие для обработки исследуемых информационных данных [1].

2. Разработаны и оценены оригинальные математические модели прогнозирования задержек вылета и прилета авиарейсов. Обе разработанные модели в ходе тестирования и оценки показали высокоточные и устойчивые результаты прогнозирования [2, 3].

3. Разработано веб-приложение, позволяющее получить прогнозную величину задержки прилета любого авиарейса в режиме реального времени на базе полученной математической модели прогнозирования.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Предложенные математические модели прогнозирования задержек прилета и вылета авиарейсов унифицированы и пригодны к реализации в любой авиакомпании. Таким образом, на их основе с минимальными стилистическими правками может быть разработана методика анализа и оценки задержек рейсов и регулярности полетов самолетов, как отдельной авиакомпании, так и отрасли в целом.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в сборниках материалов научных конференций

1. Обоснованность появления интернет-систем бронирования авиабилетов и сопутствующих услуг // Актуальные научные исследования в современном мире: XX Междунар. научн. конф., 21-22 декабря 2016 г., Переяслав-Хмельницкий. // Сб. научных трудов - Переяслав-Хмельницкий, 2016. - Вып. 12(20), ч. 5 – 20-24 с.

2. Описание модели прогнозирования задержек вылета авиарейсов // Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности: сб. статей междунар. заоч. науч.-практич. конф. 18 января 2017 г., Уфа, Российская Федерация / МЦИИ «ОМЕГА САЙНС». – Уфа. 2017 – 61-63 с.

3. Описание модели прогнозирования задержек прилета авиарейсов в реальном времени // Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности: сб. статей междунар. заоч. науч.-практич. конф. 18 января 2017 г., Уфа, Российская Федерация / МЦИИ «ОМЕГА САЙНС». – Уфа. 2017 – 64-66 с.

Библиотека БГУИР

РЭЗІЮМЭ

Іваноў Віталь Уладзіміравіч

Матэматычныя метады і інструментальныя сродкі аналізу дадзеных сістэмы рэзервавання авіяквіткаў і спадарожных паслуг

Ключавыя словы: мадэль, затрымка вылету авіярэйсу, затрымка прылёту авіярэйсу.

Мэта працы: распрацоўка матэматычных мадэляў прагназавання затрымак вылету і прылёту авіярэйсаў на грунце дадзеных сістэм рэзервавання авіяквіткаў і дадзеных пагодных умоў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: даследаваны статыстычныя дадзеныя сістэм рэзервавання авіяквіткаў, выяўлена наяўнасць праблемы забеспячэння рэгулярнасці лётаў; вызначаны фактары, што ўплываюць на затрымкі вылету і прылёту авіярэйсаў; даследаваны і сістэматызаваны асноўныя матэматычныя метады і мадэлі для апрацоўкі часовых шэрагаў і прагназавання; апісаны, правераны і ацэнены матэматычная мадэлі прагназавання затрымак вылету і прылёту авіярэйсаў; распрацована вэб-праграма, якая ўжывае пабудаваную мадэль на практыцы.

Ступень выкарыстання: вынікі знаходзяцца на стадыі тэставання перад наступным укараненнем у існую сістэму прыняцця развязкаў авіякампаніі.

Вобласць ужывання: сістэмы прыняцця развязкаў у сферы грамадзянскай авіяцыі.

РЕЗЮМЕ

Иванов Виталий Владимирович

Математические методы и инструментальные средства анализа данных системы резервирования авиабилетов и сопутствующих услуг

Ключевые слова: модель, задержка вылета авиарейса, задержка прилета авиарейса.

Цель работы: разработка математических моделей прогнозирования задержек вылета и прилета авиарейсов на основе данных систем резервирования авиабилетов и данных погодных условий.

Полученные результаты и их новизна: исследованы статистические данные систем резервирования авиабилетов, выявлено наличие проблемы обеспечения регулярности полетов; определены факторы, влияющие на задержки вылета и прилета авиарейсов; исследованы и систематизированы основные математические методы и модели для обработки временных рядов и прогнозирования; описаны, проверены и оценены математическая модели прогнозирования задержек вылета и прилета авиарейсов; разработано веб-приложение, применяющее построенную модель на практике.

Степень использования: результаты находятся на стадии тестирования перед последующим внедрением в существующую систему принятия решений авиакомпаний.

Область применения: системы принятия решений в сфере гражданской авиации.

SUMMARY

Ivanou Vital Uladzimiravich

Mathematical methods and tools of analysis of air tickets and ancillaries reservation system data

Keywords: model, flight departure delay, flight arrival delay.

The object of study: developing of mathematical models for flight departure and arrival forecasting based on air tickets and ancillaries reservation system data and weather data.

The results and novelty: studied statistics of airline reservation systems, determined the existence of the problem of ensuring the regularity of flights; identified the factors causing flight departure and arrivals delay; systematized the basic mathematical methods for handling time series data and for its further forecasting; defined, tested and estimated mathematical models for flight departure and arrival forecasting based air tickets; developed a web application that uses built model in practice.

Usage degree: results are in the testing stage before the subsequent introduction into the existing decision-making system of any airline.

Sphere to apply: decision-making system in civil aviation sphere.