



(51) МПК

B64C 27/04 (2006.01)

G07C 5/00 (2006.01)

G06F 17/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B64C 27/04 (2020.08); G07C 5/00 (2020.08); G06F 17/00 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2019113147, 18.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.10.2017Дата регистрации:
26.01.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
25.10.2016 FR 1660356

(43) Дата публикации заявки: 27.11.2020 Бюл. № 33

(45) Опубликовано: 26.01.2021 Бюл. № 3

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 27.05.2019(86) Заявка РСТ:
FR 2017/052864 (18.10.2017)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2018/078245 (03.05.2018)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

РАЗАКАРИВОНИ, Себастьен Филипп (FR),
ГУДЕ, Франсуа (FR)

(73) Патентообладатель(и):

САФРАН (FR),
САФРАН ХЕЛИКОПТЕР ЭНДЖИНЗ
(FR)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 20100235108 A1, 16.09.2010. US
9310222 B1, 12.04.2016. US 7668632 B2,
23.02.2010. US 20060112119 A1, 25.05.2006. US
20060180371 A1, 17.08.2006.

R U 2 7 4 1 4 5 3 C 2

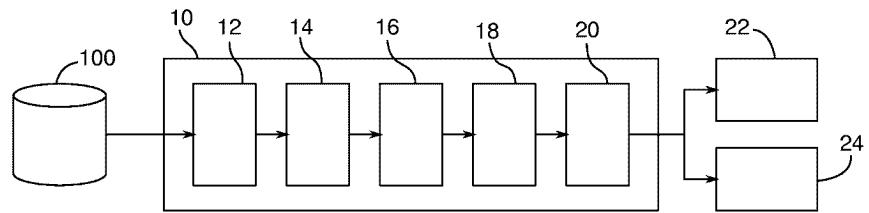
(54) СПОСОБ И СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу и системе мониторинга состояния вертолетов, определения степени сложности полетов, позволяющих построить типы полетов и связывать степень сложности с каждым из типов полетов. Определение степени сложности полетов содержит этап построения типа полета, включающий в себя подэтап построения дескрипторов, подэтап разбиения дескрипторов и подэтап присвоения типа полета каждому полету посредством объединения дескриптора

полета и группы, в которой находится этот дескриптор, и этап интерпретации сложности типов полетов, включающий в себя подэтап оценки моделей и подэтап связывания модели сложности с каждым типом полета, определенным на этапе построения типов полетов. Система и варианты способа позволяют автоматизировать связывание степени сложности с каждым идентифицированным типом полета, усовершенствовать проектирование и обслуживание вертолетов. 3 н. и 7 з.п. ф-лы, 3 ил.

R U 2 7 4 1 4 5 3 C 2



ФИГ.1

R U 2 7 4 1 4 5 3 C 2

R U 2 7 4 1 4 5 3 C 2



(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

B64C 27/04 (2020.08); *G07C 5/00* (2020.08); *G06F 17/00* (2020.08)

(21)(22) Application: 2019113147, 18.10.2017

(24) Effective date for property rights:
18.10.2017Registration date:
26.01.2021

Priority:

(30) Convention priority:
25.10.2016 FR 1660356

(43) Application published: 27.11.2020 Bull. № 33

(45) Date of publication: 26.01.2021 Bull. № 3

(85) Commencement of national phase: 27.05.2019

(86) PCT application:
FR 2017/052864 (18.10.2017)(87) PCT publication:
WO 2018/078245 (03.05.2018)Mail address:
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

RAZAKARIVONY, Sebastien Philippe (FR),
GOUDET, Francois (FR)

(73) Proprietor(s):

SAFRAN (FR),
SAFRAN HELICOPTER ENGINES (FR)R U
2 7 4 1 4 5 3
C 2
C 3
C 4
1 4 1 4 1 4
2 7 4 1 4 5 3
R UR U
2 7 4 1 4 5 3
C 2

(54) METHOD AND SYSTEM FOR MONITORING THE STATE OF HELICOPTERS

(57) Abstract:

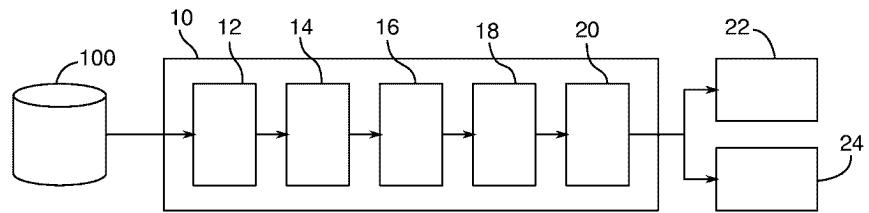
FIELD: aviation.

SUBSTANCE: invention relates to a method and a system for monitoring the state of helicopters, determining the degree of complexity of flights, which enable to construct types of flights and to associate a degree of complexity with each of the types of flights. Determination of the degree of complexity of flights comprises a stage of constructing a flight type, including a sub-step for constructing descriptors, sub-step of partitioning descriptors and sub-step of assigning a flight type to each flight by combining a flight

descriptor and a group, in which the descriptor is located, and a step for interpreting the complexity of flight types, including a sub-step for estimating models and a sub-step for linking the complexity model with each type of flight determined at the stage of constructing flight types.

EFFECT: system and versions of the method enable to automate binding of degree of complexity with each identified type of flight, to improve design and maintenance of helicopters.

10 cl, 3 dwg



ФИГ.1

R U 2 7 4 1 4 5 3 C 2

R U 2 7 4 1 4 5 3 C 2

1. Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к способу и системе мониторинга состояния вертолетов. В частности, изобретение касается мониторинга вертолетов, в том числе способа и системы определения степени сложности полетов, позволяющих построить типы полетов и связывать степень сложности с каждым из типов полетов.

2. Предшествующий уровень техники

В ходе каждого полета на большинстве вертолетов регистрируют внутренние или внешние физические данные при помощи установленных в вертолетах датчиков. После посадки эти записанные данные позволяют производить дополнительные анализы.

Кроме того, вертолеты разработаны и используются для разных типов полетов.

Каждый тип полета по-разному влияет на состояние вертолета и его компонентов. В настоящее время типы полетов определяют в ходе проектирования каждого вертолета на основе теоретических профилей, определяемых конструктором после консультаций с заказчиками. Например, типы полетов объединены в большие классы, такие как экстренное оказание медицинской помощи, грузовые перевозки, туризм, ВИП-обслуживание, морские полеты, полиция и т.д.

Такое подразделение типов полетов имеет ряд недостатков.

В частности, эти типы полетов выбирают в зависимости от области деятельности заказчика, которая не обязательно совпадает с реальным применением. Например, вертолет, осуществляющий туристическое обслуживание, можно использовать по-разному в зависимости от применяемой тарификации (по времени или по маршруту до пункта назначения).

Кроме того, ограниченное количество типов полетов (таких как вышеупомянутые шесть типов) недостаточно отражает разнообразие использования.

Авторы изобретения поставили перед собой задачу преодолеть указанные недостатки предшествующего уровня техники.

3. Задачи изобретения

Изобретение призвано преодолеть по меньшей мере некоторые из недостатков известных способов и систем определения степени сложности полетов вертолетов.

В частности, изобретение призвано, по меньшей мере в варианте выполнения, предложить способ и систему, позволяющие автоматизировать идентификацию реально осуществляемых типов полетов.

Изобретение призвано также, по меньшей мере в варианте выполнения, предложить способ и систему, позволяющие автоматизировать связывание степени сложности с каждым идентифицированным типом полета.

Изобретение призвано также, по меньшей мере в варианте выполнения, предложить способ и систему, позволяющие усовершенствовать проектирование, обслуживание и обеспечение запчастями вертолетов или любой входящей в их состав системы или подсистемы.

4. Раскрытие изобретения

Объектом изобретения является способ мониторинга состояния вертолетов, содержащий определение степени сложности множества полетов множества вертолетов, при этом упомянутое определение включает в себя:

- этап сбора и сохранения полетных данных о полетах вертолетов, при этом для

каждого полета вертолета упомянутые полетные данные включают в себя физические данные, зарегистрированные по меньшей мере одним датчиком вертолета,

- этап сбора и сохранения данных обслуживания множества вертолетов, при этом упомянутые данные обслуживания включают в себя по меньшей мере данные,

относящиеся к неисправностям компонентов каждого вертолета и к компонентам, замененным в каждом вертолете после полетов,

при этом способ отличается тем, что содержит:

- этап построения типа полета, включающий в себя:

5 - подэтап построения относительных дескрипторов, в которых физические полетные данные сведены, каждая, к заранее определенному размерному вектору, образующему дескриптор, при этом все дескрипторы имеют одинаковый размер,

- подэтап разбиения дескрипторов, предназначенный для разбиения дескрипторов на группы, образующие типы полетов,

10 - подэтап присвоения типа полета каждому полету посредством объединения дескриптора упомянутого полета и группы, в которой находится этот дескриптор, и создания модели типов полетов, связывающей физические полетные данные с каждым типом полета,

- этап интерпретации сложности типов полетов, включающий в себя:

15 - подэтап оценки моделей сложности на основании полетных данных и данных обслуживания, при этом каждая модель сложности определяет оценку старения компонентов вертолетов в зависимости от типов полетов,

- подэтап связывания модели сложности с каждым типом полета, определенным на этапе построения типов полетов.

20 Таким образом, заявленный способ позволяет определить типы полетов в зависимости от полетов, осуществленных несколькими вертолетами, и определить таким образом типы полетов в зависимости от реального использования, а не от предполагаемого использования.

Термин «вертолет» обозначает в настоящей заявке вертолет как таковой или любую

25 входящую в его состав систему или подсистему (в частности, двигатель или двигатели вертолета).

Связывание типов полетов со степенью сложности позволяет, например, улучшить разработку вертолетов, в частности, путем регулирования или проектирования двигателей в зависимости от будущего применения заказчиком, улучшить обслуживание,

30 поскольку позволяет заранее знать оценочные сроки службы компонентов и предложить контроль или замены заказчику в надлежащий момент, и улучшить управление поставкой запчастей для компонентов вертолетов. В частности, оценка степени сложности позволяет оценить старение компонентов вертолета (в частности, двигателя вертолета) и, следовательно, планировать операции обслуживания (контроль износа, замена детали и т.д.).

Физические полетные данные являются, например, данными температуры, давления, углов и т.д. Каждая физическая данная содержит число значений, определенных при помощи соответствующих датчиков.

Модели сложности могут быть, например, статистическими моделями будущих

40 неисправностей, моделями изменения профессиональных показателей (типа запаса производительности) или специальных показателей, определенных на основании собранных данных.

Построение дескрипторов позволяет объединить эти значения, чтобы образовать для каждой физической данной только один дескриптор, отображающий распределение 45 этих значений для каждой физической данной. Использование дескрипторов одного размера позволяет обрабатывать вместе физические данные разного объема и с разными числами значений.

Данные, относящиеся к поломкам/замене компонентов, являются, например,

данными, содержащими идентификатор детали (например, серийный или регистрационный номер) или функции детали (компрессор, динамическое уплотнение, турбинные диск и лопатка, камера сгорания, подшипник, форсунка и т.д.) и дату поломки или дату замены этой детали.

5 Предпочтительно и согласно изобретению, этап построения типов полетов включает в себя подэтап выбора физических данных среди полетных данных перед подэтапом построения дескрипторов посредством исключения зарегистрированных физических данных, относящихся к состоянию двигателя вертолета, и сохранения физических данных, относящихся к использованию двигателя.

10 Согласно этому аспекту изобретения, этот выбор данных позволяет сохранять только данные, относящиеся к использованию двигателя, которое соответствует всем воздействиям, производимым пилотом вертолета через органы управления и характеризующим реальное использование вертолетов, и исключать данные, относящиеся к состоянию двигателя, оценку которых осуществляют через динамическое 15 поведение параметров в течение времени и/или через равновесие между параметрами, которые могут быть нормальными (то есть соответствовать ожидаемому значению и, следовательно, отображать нормальное состояние) или ненормальными (отходящими от нормальных значений и, следовательно, отображающими плохое состояние). Это исключение состоит в удалении переменных, а также в исключении некоторых частей 20 записи других переменных.

Предпочтительно и согласно изобретению, этап построения типа полета включает в себя подэтап уменьшения размера дескрипторов перед подэтапом присвоения типов полетов посредством многостороннего анализа данных дескрипторов.

Согласно этому аспекту изобретения, если размеры дескрипторов являются слишком 25 большими для обработки в течение разумного времени, размеры уменьшают при помощи метода уменьшения размера.

Предпочтительно и согласно изобретению, подэтап уменьшения размера дескрипторов осуществляют при помощи метода, выбранного среди следующих методов:

30 - анализ основных компонентов,
- метод автокодировщиков,
- метод изометрических отображений (ISOMAP),
- метод стохастического вложения соседей с t-распределением (T-SNE),
- многомерное позиционирование (или *Multi Dimensional Scaling* на английском языке)
- метод локального линейного вложения Local Linear Embedding (называемый также 35 Locally Linear Embedding).

Согласно другим вариантам изобретения, используют другие методы уменьшения дескрипторов.

Предпочтительно и согласно изобретению, этап построения типа полета включает в себя подэтап нормализации дескрипторов перед подэтапом разбиения дескрипторов.

40 Согласно этому аспекту изобретения, нормализация дескрипторов позволяет подготовить разбиение, используя норму (или расстояние) для разбиения, более соответствующую структуре дескрипторов (векторам, отображающим плотность значений).

Предпочтительно и согласно изобретению, на подэтапе нормализации дескрипторов 45 осуществляют нормализацию, выбранную среди одного из следующих методов нормализации:

- норма L1,
- норма Вассерштейна,

- норма хи-квадрат,
- норма Бхаттачария.

Согласно этому аспекту изобретения, эти нормы являются более предпочтительными, чем евклидово пространство, для дескрипторов в рамках изобретения. Согласно другим 5 вариантам изобретения, используют другие нормы, имеющие аналогичные преимущества.

Предпочтительно и согласно изобретению, на подэтапе разбиения осуществляют разбиение, выбранное среди следующих методов разбиения:

- метод k-средних,
- метод DBSCAN,
- метод средних смещений.

Согласно этому аспекту изобретения, эти различные методы автоматического разбиения позволяют получать однородные группы для формирования типов полетов. Полученные типы полетов являются более репрезентативными, чем типы полетов, 15 основанные на экономической деятельности, как в известных решениях. Метод средних смещений более известен под названием *Mean shift* на английском языке.

Предпочтительно и согласно изобретению, подэтап построения относительных дескрипторов включает в себя, для каждого типа физических данных, создание гистограммы, содержащей заранее определенное число n классов, при этом дескриптор 20 образует вектор с размером n, каждая составляющая которого равна числу физических данных, включенных в класс гистограммы, в интервале данных, предварительно выбранном на подэтапе выбора физических данных.

Согласно этому аспекту изобретения, использование гистограммы позволяет сократить физические полетные данные, имеющие значения с разным порядком 25 величины (порядок величины 100 для температуры, 10000 для давления и т.д.) или с разными свойствами (циклические для углов) векторах одинаковых размеров, образующих дескрипторы. Каждый класс гистограммы соответствует интервалу значения (например, температура от 80°C до 90°C, давление от 100 гПа до 110 гПа, угол от 0° до 30°±360° и т.д.).

Другим дескриптором может быть также конкатенация промежутков времени, истекших в определенных конкретных физических условиях (например, время перед взлетом), или показаний счетчиков конкретных маневров.

Объектом изобретения является также способ обслуживания, отличающийся тем, что содержит этап определения степени сложности при помощи заявленного способа 35 определения степени сложности, и этап определения типа полета, осуществленного вертолетом, на основании полетных данных вертолета и модели типа полета, и этап планирования операций обслуживания в зависимости от модели сложности, связанной с упомянутым определенным типом полета, и этап обслуживания в соответствии с упомянутым планированием операций обслуживания.

Заявленный этап планирования обслуживания позволяет планировать обслуживание в соответствии со сложностью осуществленных вертолетом полетов и, следовательно, позволяет подготовить операции обслуживания, такие как операции контроля износа компонента или операция замены компонента. Заблаговременное планирование этих операций обслуживания обеспечивает также подготовку цепочки поставки компонентов.

Объектом изобретения является также система мониторинга состояния вертолетов, содержащая устройство определения степени сложности множества полетов множества вертолетом, отличающаяся тем, что упомянутое устройство содержит:

- базу полетных данных по полетам вертолетов, при этом для каждого полета

вертолета упомянутые полетные данные включают в себя физические данные, зарегистрированные по меньшей мере одним датчиком вертолета,

- базу данных обслуживания множества вертолетов, при этом упомянутые данные обслуживания включают в себя по меньшей мере данные, относящиеся к неисправностям компонентов каждого вертолета и к компонентам, замененным в каждом вертолете после полетов,

- модуль построения типа полета, включающий в себя:

- средства построения относительных дескрипторов, в которых физические полетные данные сведены, каждая, к заранее определенному размерному вектору, образующему дескриптор, при этом все дескрипторы имеют одинаковый размер,

- средства разбиения дескрипторов на группы, образующие типы полетов,

- средства присвоения типа полета каждому полету посредством объединения дескриптора упомянутого полета и группы, в которой находится этот дескриптор, и создания модели типов полетов, связывающей физические полетные данные с каждым

типов полета,

- модуль интерпретации сложности типов полетов, включающий в себя:

- средства оценки моделей сложности на основании полетных данных и данных обслуживания, при этом каждая модель сложности определяет оценку старения компонентов вертолетов в зависимости от типов полетов,

- средства связывания модели сложности с каждым типом полета, определенным модулем построения типов полетов.

В тексте заявки под модулем следует понимать программный элемент, компьютерную подпрограмму, которую можно компилировать отдельно либо для независимого использования, либо для объединения с другими модулями программы, или аппаратный

элемент, или комбинацию аппаратного элемента и компьютерной подпрограммы.

Такой аппаратный элемент может содержать интегральную схему, предназначенную для одного приложения (более известную под сокращением ASIC от английского названия *Application-Specific Integrated Circuit*), или программируемую логическую схему (более известную под сокращением FPGA от английского названия *Field-Programmable Gate Array*), или схему специальных микропроцессоров (более известную под сокращением DSP от английского названия *Digital Signal Processor*), или любое

эквивалентное аппаратное средство. Таким образом, модуль является элементом (программным и/или аппаратным), который позволяет обеспечивать одну функцию.

Система определения степени сложности выполнена с возможностью осуществления

заявленного способа определения степени сложности.

Способ определения степени сложности предусмотрен для осуществления заявленной системой определения степени сложности.

Объектом изобретения являются также способ и система определения степени сложности и способ планирования обслуживания, характеризующиеся в комбинации

всеми или частью вышеупомянутых или описанных ниже отличительных признаков.

5. Список фигур

Другие задачи, отличительные признаки и преимущества изобретения будут более очевидны из нижеследующего описания, представленного исключительно в качестве не ограничительного примера, со ссылками на прилагаемые фигуры, на которых:

Фиг. 1 схематично иллюстрирует этап построения типа полета в рамках способа определения степени сложности согласно варианту осуществления изобретения.

Фиг. 2 схематично иллюстрирует этап интерпретации сложности типов полетов в рамках способа определения степени сложности согласно варианту осуществления

изобретения.

Фиг. 3 - схематичный вид системы определения степени сложности согласно варианту выполнения изобретения.

6. Подробное описание варианта выполнения изобретения.

Представленные ниже варианты являются всего лишь примерами. Хотя описание ссылается на один или несколько вариантов выполнения, это не обязательно значит, что каждая ссылка относится к одному и тому же варианту выполнения или что отличительные признаки можно применять только для одного варианта выполнения. Отдельные признаки различных вариантов выполнения может также комбинировать для получения других вариантов выполнения. Для большей иллюстративности и ясности пропорции, и масштабы на фигурах не соблюдены.

На фиг. 1 схематично представлен этап 10 построения типа полета в рамках способа согласно варианту осуществления изобретения.

Этап 10 построения типа полета содержит подэтап 12 выбора физических данных среди физических полетных данных 100 посредством исключения зарегистрированных физических данных, относящихся к состоянию вертолета, и сохранения физических данных, относящихся к использованию вертолета. На этом подэтапе производят сортировку данных таким образом, чтобы сохранить только данные, физически связанные с использованием вертолета, чтобы построенные типы полетов зависели не от состояния вертолетов, а только от их использования.

Например, данные, относящиеся к использованию двигателя, могут являться крутящим моментом во время фаз полета, связанным с воздействиями со стороны пилота вертолета с целью изменения высоты полета, направления и т.д. Точно так же, с использованием связано число взлетов на полет или на часть полета. Таким образом, данные крутящего момента или числа взлетов относятся к использованию вертолета.

Что же касается данных, относящихся к состоянию двигателя, то они являются, например, соотношением температура двигателя/крутящий момент, так как, чтобы достичь одного и того же крутящего момента, необходимого для использования, двигатель не будет иметь одинаковую температуру в зависимости от своего состояния (чем хуже состояние двигателя, тем больше повышается эта температура). Точно так же, время запуска двигателя является примером данной, относящейся к состоянию вертолета. Если он запускается более или менее быстро, это может быть показателем того, что компонент работает ненормально. На этом подэтапе 12 выбора эти данные, относящиеся к состоянию вертолета, исключают, даже если их все же используют на этапе интерпретации сложности, который требует данных о состоянии двигателя.

Затем этап 10 построения типа полета содержит подэтап 14 построения относительных дескрипторов, в которых каждую физическую полетную данную сводят к заранее определенному размерному вектору, образующему дескриптор, при этом все дескрипторы имеют одинаковых размер. Это построение дескриптора позволяет уменьшить размер каждой физической данной (температура, давление, углы и т.д.) до одного и того же размера. Например, методом для осуществления этого построения является формирование гистограммы для каждой физической данной, при этом значения физических данных распределяют в каждом классе гистограммы таким образом, чтобы можно было создать вектор, имеющий столько же составляющих, сколько существует классов гистограммы, при этом каждая составляющая отображает число значений в классе гистограммы. Таким образом, дескрипторы отображают плотность значений физических данных.

Если число размеров дескрипторов является слишком большим, этап 10 построения

типа полета включает в себя факультативный подэтап 16 уменьшения размера дескрипторов перед подэтапом присвоения типов полетов. В частности, этот подэтап осуществляют посредством многостороннего анализа дескрипторов, но можно также применить любой другой алгоритм уменьшения размера, используя метрику, 5 соответствующую специфичности дескрипторов, а именно векторы, отображающие плотность характеристик.

Затем этап 10 построения типа полета включает в себя подэтап 18 разбиения дескрипторов, предназначенный для разбиения дескрипторов на группы, образующие 10 типы полетов. Используемыми методами разбиения являются, например, метод k- средних (или *K-means* на английском языке) или метод средних смещений (или *Mean shift* на английском языке).

Чтобы методы разбиения дали надлежащие результаты, необходимо использовать норму, адаптированную к векторам, отображающим плотность. Например, можно использовать следующие нормы:

15 - норму (или расстояние) L1, согласно формуле:

$$||X, Y||_1 = \sum_i |x_i - y_i|$$

- норму (или расстояние) Вассерштейна, согласно формуле:

$$20 d(X, Y) = \sum_{i=1..n} |\sum_{j=1..i} (x_j - y_j)|$$

- норму (или расстояние) хи-квадрат (или *chi-square* на английском языке), согласно формуле:

$$25 d(X, Y) = \frac{1}{2} \sum_i \frac{(X_i - Y_i)^2}{X_i + Y_i}$$

- норму (или расстояние) Бхаттачария, согласно формуле:

$$d(X, Y) = \sum_i \sqrt{x_i y_i}$$

30 Наконец, этап 10 построения типа полета включает в себя подэтап 20 присвоения типа 22 полета каждому полету посредством объединения дескриптора упомянутого полета и группы, в которой находится этот дескриптор, и создания модели 24 типа полета, связывающей с каждым типом полета физические полетные данные.

После этапа 10 построения типа полета заявленный способ содержит этап 35 интерпретации сложности типов полетов. На фиг. 2 представлен такой этап 30 интерпретации сложности типов полетов способа согласно варианту осуществления изобретения.

Этап 30 интерпретации сложности типов полетов включает в себя подэтап 32 оценки 40 моделей сложности на основании полетных данных 100 и данных 102 обслуживания, при этом каждая модель сложности определяет оценку старения компонентов вертолетов в зависимости от типов 22 полетов. На этом подэтапе можно также использовать данные 104 профессиональных правил, такие как статистические данные подсчета циклов, например, по скорости вращения двигателя. Профессиональное правило является правилом, основанным на опыте пользователя. В этом примере 45 профессиональное правило может состоять в наблюдении статистики уровней режимов, достигаемых во время полета, и в преобразовании ее в счетчик. Поскольку счетчик связан с понятием сложности, например, деталь считается изношенной, если она превышает значение счетчика, например, 1000.

Затем этап 30 интерпретации сложности типов полетов включает в себя подэтап 34 связывания модели сложности с каждым типом полета, определенным на этапе построения типов полетов. На этапе рассматривают типы 36 полетов и модель 38 сложности.

5 На фиг. 3 схематично представлена система определения степени сложности множества полетов множества вертолетов, выполненная с возможностью осуществления описанного выше способа определения степени сложности.

10 В частности, система содержит базу 100 полетных данных и базу 102 данных обслуживания, в которых собраны полетные данные и данные обслуживания множества вертолетов 106a, 106b, 106c и т.д.

Полетные данные из базы 100 полетных данных использует модуль 110 построения типа полета, содержащий средства для осуществления подэтапов этапа построения типа полета, описанных выше со ссылками на фиг. 1, чтобы получить группу 22 типов полетов и модель 24 полета.

15 Эти же полетные данные из базы 100 полетных данных и данные обслуживания из базы 102 данных обслуживания использует модуль 130 интерпретации сложности типов полетов, содержащий средства для осуществления подэтапов этапа интерпретации сложности типов полетов, описанного выше со ссылками на фиг. 2, чтобы получить группу 36 типов сложности и модель 38 сложности.

20 (57) Формула изобретения

1. Способ мониторинга состояния вертолетов, содержащий определение степени сложности множества полетов множества вертолетов, при этом упомянутое определение включает в себя:

25 - этап сбора и сохранения полетных данных о полетах вертолетов, при этом для каждого полета вертолета упомянутые полетные данные включают в себя физические данные, зарегистрированные по меньшей мере одним датчиком вертолета,

- этап сбора и сохранения данных обслуживания множества вертолетов, при этом упомянутые данные обслуживания включают в себя по меньшей мере данные,

30 относящиеся к неисправностям компонентов каждого вертолета и к компонентам, замененным в каждом вертолете после полетов,

отличающийся тем, что содержит:

- этап (10) построения типа полета, включающий в себя:

- подэтап (14) построения относительных дескрипторов, в которых физические

35 полетные данные сведены, каждая, к заранее определенному размерному вектору, образующему дескриптор, при этом все дескрипторы имеют одинаковый размер,

- подэтап (18) разбиения дескрипторов на группы, образующие типы полетов,

- подэтап (20) присвоения типа полета каждому полету посредством объединения дескриптора упомянутого полета и группы, в которой находится этот дескриптор, и

40 создания модели типов полетов, связывающей физические полетные данные с каждым типом полета,

- этап (30) интерпретации сложности типов полетов, включающий в себя:

- подэтап (32) оценки моделей сложности на основании полетных данных и данных обслуживания, при этом каждая модель сложности определяет оценку старения

45 компонентов вертолетов в зависимости от типов полетов,

- подэтап (34) связывания модели сложности с каждым типом полета, определенным на этапе построения типов полетов.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что этап (10) построения типов полетов

включает в себя подэтап (12) выбора физических данных среди физических полетных данных перед подэтапом (14) построения дескрипторов посредством исключения зарегистрированных физических данных, относящихся к состоянию двигателя вертолета, и сохранения физических данных, относящихся к использованию двигателя.

5 3. Способ по одному из пп. 1 или 2, отличающийся тем, что этап построения (10) типа полета включает в себя подэтап (16) уменьшения размера дескрипторов перед подэтапом (20) присвоения типов полетов посредством многостороннего анализа данных дескрипторов.

10 4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что подэтап (16) уменьшения размера дескрипторов осуществляют при помощи метода, выбранного среди следующих методов:

- анализ основных составляющих,
- метод автокодировщиков,
- метод изометрических отображений (ISOMAP),
- метод стохастического вложения соседей с t-распределением (T-SNE),
- 15 - многомерное позиционирование,
- метод локального линейного вложения (Local Linear Embedding).

15 5. Способ по одному из пп. 1-4, отличающийся тем, что этап (10) построения типа полета включает в себя подэтап нормализации дескрипторов перед подэтапом (18) разбиения дескрипторов.

20 6. Способ по п. 5, отличающийся тем, что на подэтапе нормализации дескрипторов осуществляют нормализацию, выбранную среди одного из следующих методов нормализации:

- норма L1,
- норма Вассерштейна,
- 25 - норма хи-квадрат,
- норма Бхаттачария.

7. Способ по одному из пп. 1-6, отличающийся тем, что на подэтапе (18) разбиения осуществляют разбиение, выбранное среди следующих методов разбиения:

- метод k-средних,
- 30 - метод DBSCAN,
- метод средних смещений.

8. Способ по одному из пп. 1-7, отличающийся тем, что подэтап (14) построения относительных дескрипторов включает в себя, для каждого типа физических данных, создание гистограммы, содержащей заранее определенное число n классов, при этом дескриптор образует вектор с размером n, каждая составляющая которого равна числу физических данных, включенных в класс гистограммы.

35 9. Способ обслуживания вертолета, отличающийся тем, что содержит этап определения степени сложности при помощи способа определения степени сложности по одному из пп. 1-8, и этап определения типа полета, осуществленного вертолетом, на основании полетных данных вертолета и модели типа полета, и этап планирования операций обслуживания в зависимости от модели сложности, связанной с упомянутым определенным типом полета, и этап обслуживания в соответствии с упомянутым планированием операций обслуживания.

40 10. Система мониторинга состояния вертолетов, содержащая устройство определения степени сложности множества полетов множества вертолетов, отличающаяся тем, что упомянутое устройство содержит:

- базу (100) полетных данных по полетам вертолетов, при этом для каждого полета вертолета упомянутые полетные данные включают в себя физические данные,

зарегистрированные по меньшей мере одним датчиком вертолета,

- базу (102) данных обслуживания множества вертолетов, при этом упомянутые данные обслуживания включают в себя по меньшей мере данные, относящиеся к неисправностям компонентов каждого вертолета и к компонентам, замененным в

5 каждом вертолете после полетов,

- модуль (110) построения типа полета, включающий в себя:

- средства построения относительных дескрипторов, в которых физические полетные данные сведены, каждая, к заранее определенному размерному вектору, образующему дескриптор, при этом все дескрипторы имеют одинаковый размер,

10 - средства разбиения дескрипторов, выполненные с возможностью разбиения дескрипторов на группы, образующие типы полетов,

- средства присвоения типа полета каждому полету посредством объединения дескриптора упомянутого полета и группы, в которой находится этот дескриптор, и создания модели типов полетов, связывающей физические полетные данные с каждым

15 типом полета,

- модуль (130) интерпретации сложности типов полетов, включающий в себя:

- средства оценки моделей сложности на основании полетных данных и данных обслуживания, при этом каждая модель сложности определяет оценку старения компонентов вертолетов в зависимости от типов полетов,

20 - средства связывания модели сложности с каждым типом полета, определенным модулем построения типов полетов.

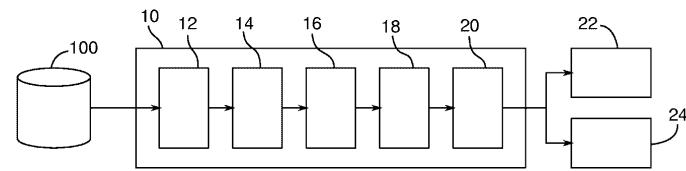
25

30

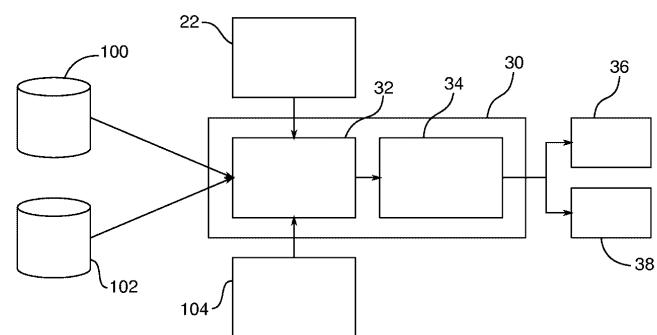
35

40

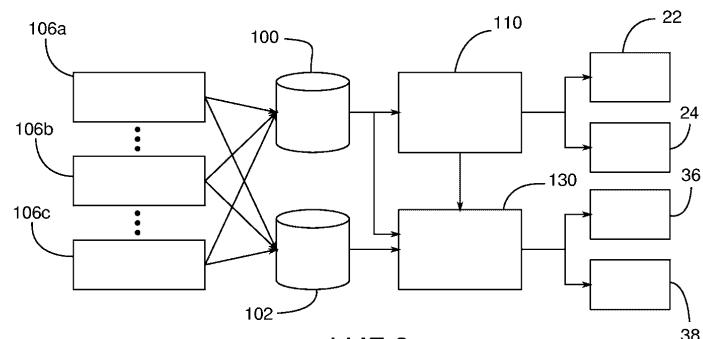
45



ФИГ.1



ФИГ.2



ФИГ.3