

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202390098** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.06.28

(22) Дата подачи заявки
2022.12.21

(51) Int. Cl. *A62C 2/00* (2006.01)
G06F 30/27 (2020.01)
G01C 11/04 (2006.01)
G06F 17/00 (2019.01)
G06N 3/02 (2006.01)
G06N 5/00 (2023.01)
G06N 5/025 (2023.01)

(54) СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

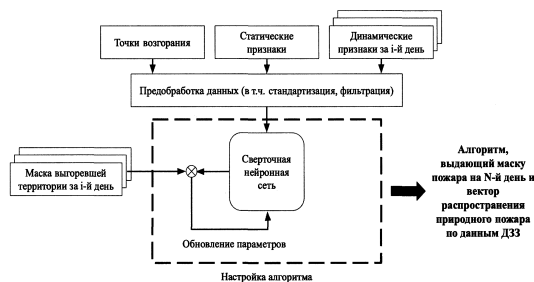
(96) **2022000133 (RU) 2022.12.21**

(71) Заявитель:
**АВТОНОМНАЯ
НЕКОММЕРЧЕСКАЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "СКОЛКОВСКИЙ
ИНСТИТУТ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Илларионова Светлана
Владимировна, Шадрин Дмитрий
Германович, Губанов Федор
Дмитриевич, Игнатьев Владимир
Юрьевич, Мироненко Максим
Алексеевич, Бурнаев Евгений
Владимирович (RU)**

(74) Представитель:
Котлов Д.В. (RU)

(57) Изобретение относится к способу и системе прогнозирования распространения природных пожаров на N дней вперед с помощью данных дистанционного зондирования Земли и нейронных сетей. Технический результат заключается в обеспечении прогнозирования распространения природных пожаров на заданное количество дней вперед после обнаружения пожара, повышение точности прогнозирования. В способе с помощью данных дистанционного зондирования Земли и открытых источников получают три набора данных: координаты возгорания, рассматриваемые как начальные границы пожара для прогнозирования распространения пожара; статические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие информацию о растительном покрове Земли, рельефе, инфраструктуре, наблюдения за период, предшествующий началу пожара; динамические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие прогнозные погодные данные на N дней вперед; на вход по меньшей мере одной нейронной сети одновременно подаются полученные три набора данных для участка прогнозирования природного пожара: координаты возгорания, статические признаки, динамические признаки; посредством по меньшей мере одной нейронной сети на основе указанных трех наборов данных формируют единое признаковое пространство и на основе сформированного единого признакового пространства прогнозируют распространение природного пожара для участка прогнозирования природного пожара на N дней вперед.



A1

202390098

202390098

A1

СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к области информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), специально предназначенных для прогнозирования распространения природных пожаров, в частности для прогнозирования распространения природных пожаров с помощью данных дистанционного зондирования Земли и нейронных сетей.

Представленное решение может быть использовано, по меньшей мере, федеральными министерствами по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (например, МЧС России, EMERCOM и т.п.), региональными мониторинговыми службами, лесхозами и т.д. для принятия оперативных решений по мерам тушения пожара, сооружения заградительной полосы, эвакуации населения, находящейся в зоне риска и т.д.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В патенте RU2486594C2, дата публикации 27.06.2013, предложен подход для определения очага возгорания на лесных территориях с помощью наземных камер с тепловым и видео каналами. В патенте RU2663246C1, дата публикации 03.08.2018, представлена методика мониторинга лесных пожаров с использованием тепловизионно-телевизионных модулей кругового сканирования местности. Аппаратуру предлагается устанавливать на мачтах сотовой связи. В следующих патентах также предлагалось использование камер, установленных на вышках, для оперативной локализации очагов возгорания: RU113046U1, дата публикации 27.01.2012, и RU2650347C1, дата публикации 11.04.2018.

Несмотря, на высокую точность локализации возгорания, обеспечение наземного мониторинга является более трудозатратным процессом по сравнению с использованием открытых данных дистанционного зондирования Земли.

В патенте RU2766070C2, дата публикации 07.02.2022, предложен способ локализации и тушения пожаров с использованием дирижабля, патрулирующего лесные массивы. В другом патенте RU2730906C1, дата публикации 26.08.2020, предлагается способ локализации и тушения природных пожаров с помощью вертолета.

В следующих научных публикация рассматривалась задача моделирования распространения природных пожаров с помощью сверточных нейронных сетей [1, 2]. В статье [3] предложено использование нейронных сетей и данных с беспилотного летательного аппарата для краткосрочного оперативного моделирования на небольших участках. В работе [4] предложено использование различных нейросетевых алгоритмов и алгоритмов машинного обучения для прогнозирования пожарной опасности на несколько дней вперед для территории Греции.

Наиболее близким аналогом заявляемого изобретения является техническое решение, описанное в патентной заявке CN113553764A, дата публикации 26.10.2021. Раскрыт способ прогнозирования лесного пожара на основе данных дистанционного зондирования с помощью сверточных нейронных сетей. Прогнозирование осуществляется на основе данных точек возгорания, полученных со спутников MODIS и VIIRS с учетом факторов влияния, которые включают дистанционное зондирование, рельеф, погоду, человеческую деятельность; факторы влияния дистанционного зондирования включают: температуру поверхности, содержание воды в растительности, нормализованный индекс растительности и тип земли; факторы влияния рельефа включают: высоту, наклон, направление наклона; факторы влияния погоды включают: осадки, максимальную температуру воздуха, влажность воздуха, максимальную скорость порывистого ветра и максимальное направление порывистого ветра; факторы влияния человеческой деятельности включают: расстояние между сеткой и дорогой, расстояние между сеткой и рекой и расстояние между сеткой и деревней.

Однако, в указанном решении при прогнозировании лесного пожара не учитываются прогнозные погодные данные на несколько дней вперед.

Техническая задача состоит в прогнозировании распространения природных пожаров на заданное количество дней вперед с использованием нейронных сетей на основе данных дистанционного зондирования Земли и открытых источников данных, включающих прогнозные погодные данные на заданное количество дней вперед.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Технический результат заключается в обеспечении прогнозирования распространения природных пожаров на заданное количество дней вперед после обнаружения пожара, повышение точности прогнозирования, что позволяет принимать оптимальные решения о мерах предотвращения дальнейшего распространения пожара и минимизировать ущерб.

Указанный технический результат достигается за счет того, что:

В компьютерно-реализуемом способе прогнозирования распространения природных пожаров на N дней вперед с помощью данных дистанционного зондирования Земли и нейронных сетей:

с помощью данных дистанционного зондирования Земли и открытых источников данных получают три набора данных:

- координаты возгорания, рассматриваемые как начальные границы пожара для прогнозирования распространения пожара;

- статические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие информацию о растительном покрове Земли, рельефе, инфраструктуре, наблюдения за период, предшествующий началу пожара;

- динамические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие прогнозные погодные данные на N дней вперед;

на вход по меньшей мере одной нейронной сети одновременно подают полученные три набора данных для участка прогнозирования природного пожара: координаты возгорания, статические признаки, динамические признаки;

посредством по меньшей мере одной нейронной сети на основе указанных трех наборов данных формируют единое признаковое пространство и на основе сформированного единого признакового пространства прогнозируют распространение природного пожара для участка прогнозирования природного пожара на N дней вперед.

В способе статические признаки могут включать, по меньшей мере, следующие признаки: типы растительного покрова, долю поглощенной фотосинтетически активной радиации (ФАР), индекс листовой поверхности (LAI – Leaf Area Index), нормализованный вегетационный индекс (NDVI – Normalized difference vegetation index), усовершенствованный вегетационный индекс (EVI – Enhanced Vegetation Index), высоту над уровнем моря, направление склона, уклон, плотность дорог, ширину дорог, удаленность до дорог, удаленность до

населенных пунктов, плотность населенных пунктов, плотность населения, погодные данные за период, предшествующий началу пожара.

В способе динамические признаки могут включать, по меньшей мере, следующие признаки: дневную температуру поверхности Земли, ночную температуру поверхности Земли, разницу дневной и ночной температур поверхности Земли, общее испарение, восточную компоненту ветра, северную компоненту ветра, температуру воздуха на высоте 2м, количество осадков.

В способе координаты возгорания могут получать на основе термических точек Земли со спутника MODIS.

В способе наборы данных могут представлять собой геопривязанные растровые файлы.

В способе нейронная сеть может являться сверточной нейронной сетью.

В способе перед подачей данных на вход нейронной сети данные могут приводиться к одному пространственному разрешению и может производиться нормализация данных.

В способе количество дней N может зависеть от горизонта прогнозирования распространения пожара.

В способе прогнозирование распространения природного пожара для участка прогнозирования природного пожара может включать по меньшей мере одно из следующего: определение направления распространения и площадь пожара на N-й день, определение площади выгоревшего участка на N-й день и направление распространения огня.

Указанный технический результат достигается также за счет того, что:

Система прогнозирования распространения природных пожаров с помощью данных дистанционного зондирования Земли и нейронных сетей на N дней вперед для осуществления способа по пп. 1-9 содержит по меньшей мере один процессор, память и инструкции, хранимые в памяти и исполняемые процессором, с помощью которых осуществляют следующее:

с помощью данных дистанционного зондирования Земли и открытых источников данных получают три набора данных:

- координаты возгорания, рассматриваемые как начальные границы пожара для прогнозирования распространения пожара;

- статические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие информацию о растительном покрове Земли, рельефе, инфраструктуре, наблюдения за период, предшествующий началу пожара;

- динамические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие прогнозные погодные данные на N дней вперед;

на вход по меньшей мере одной нейронной сети одновременно подаются полученные три набора данных для участка прогнозирования природного пожара: координаты возгорания, статические признаки, динамические признаки;

посредством по меньшей мере одной нейронной сети на основе указанных трех наборов данных формируют единое признаковое пространство и на основе сформированного единого признакового пространства прогнозируют распространение природного пожара для участка прогнозирования природного пожара на N дней вперед.

В заявленном способе и системе при прогнозировании распространения природного пожара на N дней вперед учитываются одновременно как начальные границы пожара, так и статические признаки, содержащие информацию о растительном покрове Земли, рельефе, инфраструктуре, наблюдения за период, предшествующий началу пожара, и динамические признаки, содержащие прогнозные погодные данные на N дней вперед, что обеспечивает повышение точности прогнозирования.

ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Реализация изобретения будет описана в дальнейшем в соответствии с прилагаемыми чертежами, которые представлены для пояснения сути изобретения и никоим образом не ограничивают область изобретения.

Заявляемое изобретение проиллюстрировано фигурами 1-2, на которых изображены:

Фиг. 1 – иллюстрирует пример прогнозирования распространения природных пожаров с помощью сверточных нейронных сетей и данных дистанционного зондирования Земли на заданное количество дней.

Фиг. 2 – иллюстрирует пример блок-схемы прогнозирования распространения природных пожаров с помощью данных дистанционного зондирования Земли и нейронных сетей на заданное количество дней.

ДЕТАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В приведенном ниже подробном описании реализации изобретения приведены многочисленные детали реализации, призванные обеспечить отчетливое понимание настоящего изобретения. Однако, квалифицированному в

предметной области специалисту будет очевидно, каким образом можно использовать настоящее изобретение, как с данными деталями реализации, так и без них. В других случаях хорошо известные методы, процедуры и компоненты не были описаны подробно, чтобы не затруднять излишне понимание особенностей настоящего изобретения.

Кроме того, из приведенного изложения будет ясно, что изобретение не ограничивается приведенной реализацией. Многочисленные возможные модификации, изменения, вариации и замены, сохраняющие суть и форму настоящего изобретения, будут очевидными для квалифицированных в предметной области специалистов.

Настоящее изобретение направлено на разработку прогнозной модели для крупных пожаров, например пожаров, которые горят более трех дней и распространяются на большую территорию. Проводится адаптация для территории интереса (например, территории РФ) за счет переноса обучения, которое подразумевает использование предобученных на схожих данных алгоритмов, что позволяет проводить дообучение на меньшем количестве новых данных, которые будут подготовлены дополнительно. Также учитывается специфика типичных пожаров для конкретных регионов (площадь, продолжительность пожаров), типы растительности и рельефа. Для прогнозирования используются данные дистанционного зондирования Земли для эффективной агрегации пространственной информации о характеристиках растительного покрова на больших площадях, также используются прогнозные погодные данные для получения более точных прогнозов о распространении огня.

Предсказания о распространении пожара получают с помощью сверточной нейронной сети, обученной на наборе аннотированных данных, содержащих данные дистанционного зондирования Земли. На Фиг. 1 приведен пример прогнозирования распространения природного пожара. Изобретение позволяет на основе получаемых карт распространения пожара принимать оперативные решения по мерам его тушения, сооружения заградительной полосы, эвакуации населения, находящейся в зоне риска.

Прогнозирование распространения лесных пожаров осуществляется следующим образом.

С помощью данных дистанционного зондирования Земли и открытых источников данных получают три набора данных:

1) координаты возгорания, рассматриваемые как начальные границы пожара для прогнозирования распространения пожара;

2) статические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие информацию о растительном покрове Земли, рельефе, инфраструктуре, наблюдения за период, предшествующий началу пожара;

3) динамические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие прогнозные погодные данные на N дней вперед.

Прогнозирование основано на одновременном использовании всех вышеперечисленных признаков, которые рассматриваются, как единое признаковое пространство для определения распространения природного пожара.

На вход по меньшей мере одной нейронной сети одновременно подаются полученные три набора данных для участка прогнозирования природного пожара: координаты возгорания, статические признаки, динамические признаки.

Разработанная нейросетевая модель устойчива для различных территорий, реализована автоматическая выгрузка данных, на основании которых осуществляют прогнозирование распространения пожара для территории интереса, что позволяет автоматизировать процесс прогноза и адаптации модели для получения более точных оценок на заданной территории при необходимости. В качестве основной модели используется полностью сверточная нейронная сеть, которая также показала свою эффективность при обучении на небольшом количестве данных. Был проведен поиск оптимальных параметров обучения нейросетевой модели. Для адаптации модели на определенную территорию используются различные аугментации.

С помощью нейросетевой модели на основе указанных трех наборов данных формируют единое признаковое пространство и на основе сформированного единого признакового пространства прогнозируют распространение природного пожара для участка прогнозирования природного пожара на N дней вперед.

Статические признаки включают, по меньшей мере, следующие признаки: типы растительного покрова, высоту над уровнем моря, направление склона, уклон, характеристики объектов инфраструктуры (например, плотность дорог, ширина дорог, удаленность до дорог, удаленность до населенных пунктов, плотность населенных пунктов, плотность населения и т.д.), долю поглощенной фотосинтетически активной радиации (ФАР), индекс листовой поверхности (LAI – Leaf Area Index), нормализованный вегетационный индекс (NDVI – Normalized

difference vegetation index), усовершенствованный вегетационный индекс (EVI – Enhanced Vegetation Index), погодные данные за период, предшествующий началу пожара (например, дневная температура поверхности Земли, ночная температура поверхности Земли, общее испарение, восточная компонента ветра, северная компонента ветра, температура воздуха на высоте 2м, количество осадков).

Типы и характеристики растительности являются важным показателем, и могут быть рассмотрены как параметр, соответствующий “топливу”, для построения модели распространения природного пожара. Информация о рельефе местности (высота над уровнем моря, направление склона, уклон) также влияют на распространение огня при тех или иных погодных условиях, в частности, направлении ветра. Характеристики объектов инфраструктуры демонстрируют степень урбанизованности территории, что также влияет на скорость и направление распространения пожара. Например, широкие дороги, большая плотность дорог, близость дороги могут препятствовать распространению пожара в определенном направлении. Чем выше плотность населенных пунктов, плотность населения, тем меньше участков леса на территории прогнозирования, что также влияет на скорость и направление распространения пожара.

Динамические признаки включают, по меньшей мере, следующие признаки: дневную температуру поверхности Земли, ночную температуру поверхности Земли, разницу дневной и ночной температур поверхности Земли, общее испарение, восточную компоненту ветра, северную компоненту ветра, температуру воздуха на высоте 2м, количество осадков.

Использование двух отдельных признаков, соответствующих дневной и ночной температуре воздуха, позволяет более точно оценивать факторы, влияющие на распространение природного пожара. Так, например, при сильном снижении температуры в ночное время некоторые участки могут промерзнуть, свойства горения, а значит и скорость, и направление огня будут меняться. При учете только средней температуры за сутки, такие детали не могут быть учтены с достаточной точностью. Для прогнозирования используется только восточная и северная компоненты ветра, так как западная и южная компоненты ветра однозначно определяются на основе восточной и северной компонент, и их дополнительное использование является избыточным. Использование данных о температуре воздуха на высоте 2м обусловлено измерениями и является достаточным для проведения анализа и прогнозирования распространения огня. Общее испарение также является важным показателем, отражающим количество

влаги, переходящей в атмосферу в виде пара в результате физического и физиологического испарения из почвы и с поверхности растительности. Корреляция общего испарения с биопродуктивностью экосистем позволяет оценивать характеристики горения растительного покрова, а значит, и определять скорость и направление огня.

Пример реализации изобретения. На вход сверточной нейронной сети одновременно подается три набора данных: 1) координаты возгорания, получаемые на основе термических точек со спутника MODIS и рассматриваемые как начальные границы пожара для построения прогнозов о его распространении на несколько дней вперед; 2) статические признаки, содержащие информацию о растительном покрове Земли, рельефе, инфраструктуре, наблюдениях за период, предшествующий началу пожара; 3) динамические признаки, содержащие прогнозные погодные данные на несколько дней вперед в зависимости от горизонта прогнозирования распространения пожара (Фиг. 2).

Все данные являются геопривязанными растровыми файлами. Прогнозирование осуществляется на участке, не превышающем размера 40*40км, что в соответствии с анализом исторических данных покрывает территорию, проходимую природным пожаром за 5 дней.

Перед подачей данных на вход нейронной сети осуществляют предобработку пространственных данных (например, стандартизация, фильтрация и т.д.) и формирование оптимального признакового пространства. Все данные приводятся к одному пространственному разрешению не ниже 1 км в пикселе. Также производится нормализация данных и приведение их к одному интервалу значений от 0 до 1 (-1 в случае отсутствия наблюдений в данной области). В результате предобработки данных формируется тензор размером $N*M*K$, где N и M – эквивалентно размеру прогнозируемой области в пикселях (ширина и высота изображения), а K – суммарное количество статических и динамических признаков (с учетом того, что за каждый день представлены соответствующие значения для динамических признаков), а также дополнительный растровый слой, содержащий границы пожара в момент его обнаружения и начала прогнозирования распространения – маска выгоревшей территории за i -ый день(Фиг. 2).

Определяют оптимальные параметры сверточной нейронной сети. На этапе разработки нейросетевой модели предсказания распространения природного пожара аннотированный набор обучающих данных используется для настройки

гиперпараметров сверточной сети. Выбирается целевая функция, характеризующая способность алгоритма верно определять направление распространения и площадь пожара на N-й день (Фиг. 2). Определяется оптимальное (на основе выбранной метрики качества по отложенной выборке) количество тренировочных эпох, размер батча, скорость обучения (learning rate) и другие параметры. В качестве целевой функции может выступать площадь выгоревшего участка на N-й день, а также направление распространения огня.

На выходе нейросетевой модели получается изображение, содержащие значения от 0 до 1 для каждого пикселе изображения. Чем выше значение, тем больше вероятность того, что огонь на N-й день распространится на данную территорию. На основе карты распространения пожара можно проанализировать прогнозы о направлении его распространения и площади, находящейся под угрозой выгорания.

Специалисту в данной области техники должно быть очевидно, что все операции для обработки данных по настоящему изобретению могут быть реализованы с использованием по меньшей мере одного вычислительного устройства. Вычислительное устройство содержит по крайней мере один процессор, одну видеокарту, память и инструкции, хранимые в памяти и исполняемые процессором, с помощью которых осуществляют обработку данных для прогнозирования скорости распространения пожара на заданное количество дней. Обработка данных может быть централизованной, например с помощью одного вычислительного устройства, или распределенной, например с помощью нескольких вычислительных устройств, распределенных по сети.

В общем случае вычислительное устройство, обеспечивающее обработку данных, необходимую для реализации заявленного решения, содержит такие компоненты, как: один или более процессоров, по меньшей мере одну память, средство хранения данных, интерфейсы ввода/вывода, средство В/В, средства сетевого взаимодействия.

Процессор устройства выполняет основные вычислительные операции, необходимые для функционирования устройства или функциональности одного или более его компонентов. Процессор исполняет необходимые машиночитаемые команды, содержащиеся в оперативной памяти.

Память, как правило, выполнена в виде ОЗУ и содержит необходимую программную логику, обеспечивающую требуемый функционал.

Средство хранения данных может выполняться в виде HDD, SSD дисков, рейд массива, сетевого хранилища, флэш-памяти, оптических накопителей информации (CD, DVD, MD, Blue-Ray дисков) и т.п. Средство позволяет выполнять долгосрочное хранение различного вида информации, например, архивных данных дистанционного зондирования Земли, прогнозных данных о погоде и т.д.

Интерфейсы представляют собой стандартные средства для подключения и работы с серверной частью, например, USB, RS232, RJ45, LPT, COM, HDMI, PS/2, Lightning, FireWire и т.п.

Выбор интерфейсов зависит от конкретного исполнения устройства, которое может представлять собой персональный компьютер, мейнфрейм, серверный кластер, тонкий клиент, смартфон, ноутбук и т.п.

В качестве средств В/В данных используется клавиатура. Помимо клавиатуры, в составе средств В/В данных также может использоваться: джойстик, дисплей (сенсорный дисплей), проектор, тачпад, манипулятор мышь, трекбол, световое перо, динамики, микрофон и т.п.

Средства сетевого взаимодействия выбираются из устройств, обеспечивающих сетевой прием и передачу данных, например, Ethernet карту, WLAN/Wi-Fi модуль, Bluetooth модуль, BLE модуль, NFC модуль, IrDa, RFID модуль, GSM модем и т.п. С помощью средств обеспечивается организация обмена данными по проводному или беспроводному каналу передачи данных, например, WAN, PAN, ЛВС (LAN), Интранет, Интернет, WLAN, WMAN или GSM, 3G, 4G, 5G, 6G и т.д.

Компоненты вычислительного устройства сопряжены посредством общей шины передачи данных.

В настоящих материалах заявки представлено предпочтительное раскрытие осуществления заявленного технического решения, которое не должно использоваться как ограничивающее иные, частные воплощения его реализации, которые не выходят за рамки испрашиваемого объема правовой охраны и являются очевидными для специалистов в соответствующей области техники.

Специалисту в данной области техники должно быть понятно, что различные вариации заявляемого способа и системы не изменяют сущность изобретения, а лишь определяют его конкретные воплощения и применения.

Источники

[1] Станкевич Т. С. Разработка метода оперативного прогнозирования динамики развития лесного пожара посредством искусственного интеллекта и глубокого машинного обучения //Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – №. 9 (140). – С. 111-120.

<https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metoda-operativnogo-prognozirovaniya-dinamiki-razvitiya-lesnogo-pozhara-posredstvom-iskusstvennogo-intellekta-i-glubokogo/viewer>

[2] Станкевич Т. С. Применение сверточных нейронных сетей для решения задачи оперативного прогнозирования динамики распространения лесных пожаров //Бизнес-информатика. – 2018. – №. 4 (46). – С. 17-27.

<https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-svertochnyh-neyronnyh-setey-dlya-resheniya-zadachi-operativnogo-prognozirovaniya-dinamiki-rasprostraneniya-lesnyh>

[3] Li X. et al. Predicting the rate of forest fire spread toward any directions based on a CNN model considering the correlations of input variables //Journal of Forest Research. – 2022. – С. 1-9.

https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13416979.2022.2138096?casa_token=4bH4KtLJxyIAAAAA%3AtlzBRDhADLVveJdRjLAIjDCiL5Wuz9vONCgzl5z8BNd4SQsIUQ56tGA11T45Rm_Urg-Rvf1mFARPhR0zw

[4] Prapas I. et al. Deep Learning Methods for Daily Wildfire Danger Forecasting //arXiv preprint arXiv:2111.02736. – 2021. <https://arxiv.org/abs/2111.02736>

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Компьютерно-реализуемый способ прогнозирования распространения природных пожаров на N дней вперед с помощью данных дистанционного зондирования Земли и нейронных сетей, в котором:

с помощью данных дистанционного зондирования Земли и открытых источников данных получают три набора данных:

- координаты возгорания, рассматриваемые как начальные границы пожара для прогнозирования распространения пожара;

- статические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие информацию о растительном покрове Земли, рельефе, инфраструктуре, наблюдения за период, предшествующий началу пожара;

- динамические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие прогнозные погодные данные на N дней вперед;

на вход по меньшей мере одной нейронной сети одновременно подают полученные три набора данных для участка прогнозирования природного пожара: координаты возгорания, статические признаки, динамические признаки;

посредством по меньшей мере одной нейронной сети на основе указанных трех наборов данных формируют единое признаковое пространство и на основе сформированного единого признакового пространства прогнозируют распространение природного пожара для участка прогнозирования природного пожара на N дней вперед.

2. Способ по п. 1, *характеризующийся тем, что* статические признаки включают, по меньшей мере, следующие признаки: типы растительного покрова, долю поглощенной фотосинтетически активной радиации (ФАР), индекс листовой поверхности (LAI – Leaf Area Index), нормализованный вегетационный индекс (NDVI – Normalized difference vegetation index), усовершенствованный вегетационный индекс (EVI – Enhanced Vegetation Index), высоту над уровнем моря, направление склона, уклон, плотность дорог, ширину дорог, удаленность до дорог, удаленность до населенных пунктов, плотность населенных пунктов, плотность населения, погодные данные за период, предшествующий началу пожара.

3. Способ по п. 1, *характеризующийся тем, что* динамические признаки включают, по меньшей мере, следующие признаки: дневную температуру поверхности Земли, ночную температуру поверхности Земли, разницу дневной и ночной температур поверхности Земли, общее испарение,

восточную компоненту ветра, северную компоненту ветра, температуру воздуха на высоте 2м, количество осадков.

4. Способ по п. 1, *характеризующийся тем, что* координаты возгорания получают на основе термических точек Земли со спутника MODIS.

5. Способ по п. 1, *характеризующийся тем, что* наборы данных являются геопривязанными растровыми файлами.

6. Способ по п. 1, *характеризующийся тем, что* нейронная сеть является сверточной нейронной сетью.

7. Способ по п. 1, *характеризующийся тем, что* перед подачей данных на вход нейронной сети данные приводятся к одному пространственному разрешению и производится нормализация данных.

8. Способ по п. 1, *характеризующийся тем, что* количество дней N зависит от горизонта прогнозирования распространения пожара.

9. Способ по п. 1, *характеризующийся тем, что* прогнозирование распространения природного пожара для участка прогнозирования природного пожара включает по меньшей мере одно из следующего: определение направления распространения и площадь пожара на N-й день; определение площади выгоревшего участка на N-й день и направление распространения огня.

10. Система прогнозирования распространения природных пожаров с помощью данных дистанционного зондирования Земли и нейронных сетей на N дней вперед для осуществления способа по пп. 1-9, которая содержит по меньшей мере один процессор, память и инструкции, хранимые в памяти и исполняемые процессором, с помощью которых осуществляют следующее:

с помощью данных дистанционного зондирования Земли и открытых источников данных получают три набора данных:

- координаты возгорания, рассматриваемые как начальные границы пожара для прогнозирования распространения пожара;

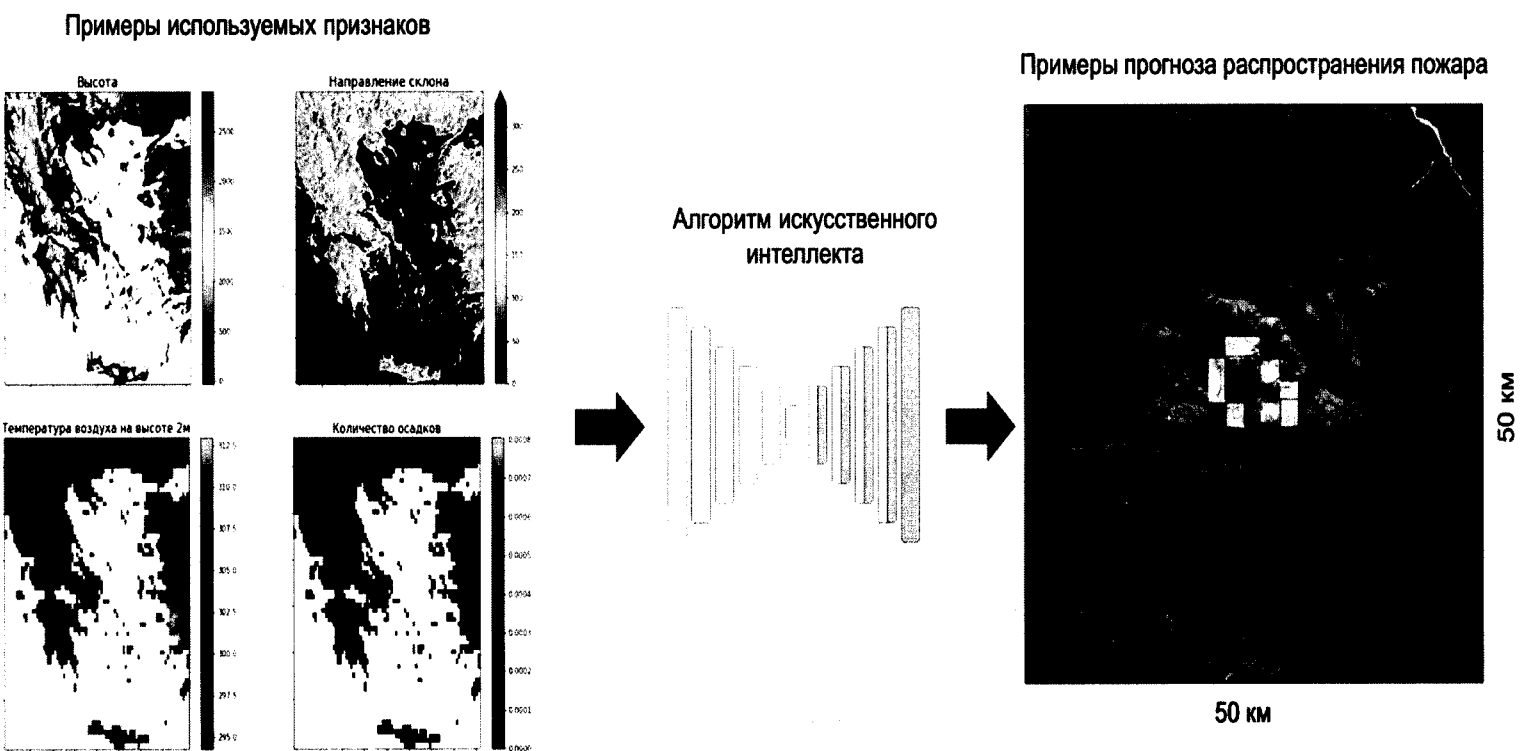
- статические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие информацию о растительном покрове Земли, рельефе, инфраструктуре, наблюдения за период, предшествующий началу пожара;

- динамические признаки для участка прогнозирования природного пожара, содержащие прогнозные погодные данные на N дней вперед;

на вход по меньшей мере одной нейронной сети одновременно подают полученные три набора данных для участка прогнозирования природного пожара: координаты возгорания, статические признаки, динамические признаки;

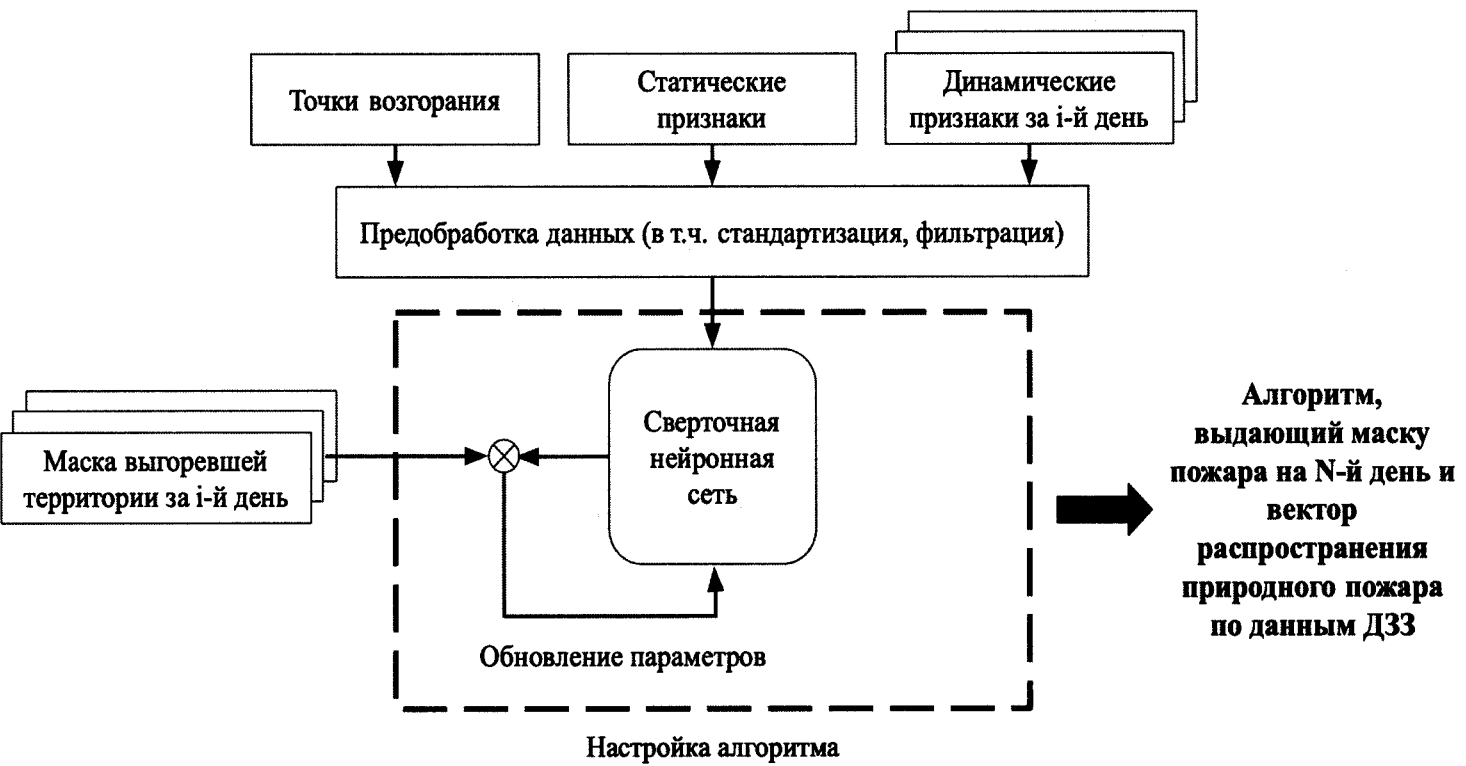
посредством по меньшей мере одной нейронной сети на основе указанных трех наборов данных формируют единое признаковое пространство и на основе сформированного единого признакового пространства прогнозируют распространение природного пожара для участка прогнозирования природного пожара на N дней вперед.

**СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ
С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**



ФИГ. 1

СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ
С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ



Фиг. 2

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202390098

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

A62C 2/00 (2006.01)
G06F 30/27 (2020.01)
G01C 11/04 (2006.01)
G06F 17/00 (2019.01)
G06N 3/02 (2006.01)
G06N 5/00 (2023.01)
G06N 5/025 (2023.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

A62C 2/00; G06F 30/00, 30/27; G01C 11/00, 11/24; G06F 17/00, 17/18; G06N 3/00, 3/02; G06N 5/00, 5/025;

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
GOOGLE PATENTS; YANDEX; EPATIS; ESPACENET

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	ХОДАКОВ, ЖАРИКОВА. Лесные пожары: методы исследования [онлайн]; 2011 [найдено 202304-05].	1, 10
Y	Найдено в < https://kafedra-it.at.ua/lesnye_pozhary_2.pdf > стр. 9, 104, 117, 118, 121, 131-135, 149, 150, 151, 284-302	2-9
Y	CN113553764 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 26-10-2021 формула изобретения; описание, пример 2	2-9
Y	WO2015094014 A2 (ООО «ДИСИКОН») 31-10-2014 стр. 21, стр. 37-38, п.п. 1, 8, 15	1, 10
A	RU2147253 C1 (МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА) 10-04-2020 весь документ	1-10

последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **05/04/2023**

Уполномоченное лицо:

Начальник отдела механики,
физики и электротехники

 Д.Ф. Крылов