|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО**  **ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ** | | |
|  |  |  |
| http://tm.msp.ua:81/TM_IMG/img_RU/610/610659.jpg | **НАЦИОНАЛЬНЫЙ**  **СТАНДАРТ**  **РОССИЙСКОЙ**  **ФЕДЕРАЦИИ** | **ГОСТ Р \_\_\_\_\_-2023** |
|  |  |  |

**СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Системы управления Интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Требования к испытанию алгоритмов прогнозирования характеристик транспортного потока

Intelligent transport infrastructure management systems. Requirements for testing traffic forecasting algorithms

**Предисловие**

1. РАЗРАБОТАН обществом с ограниченной ответственностью «А+С Транспроект».
2. ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 164 «Искусственный интеллект».
3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от \_\_.\_\_.\_\_\_\_ № \_\_\_-ст.
4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в годовом (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет (*[*www.gost.ru*](http://www.gost.ru)*).*

*Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.*

**Введение**

Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) на прикладном уровне происходит во всех уровнях жизни. На транспорте эти технологии используются в нескольких аспектах — построения интеллектуальных транспортных систем (ИТС) на различных уровнях управления и для интеллектуализации систем управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой (СУИТИ). В автомобильной транспортной модальности разработка СУИТИ основана на применении ряда алгоритмов ИИ для прогнозирования дорожных условий, прогнозирования параметров транспортных потоков.

Вместе с этим СУИТИ проходят широкие испытания. От полноты и достоверности процесса испытаний зависят перспективы этой технологии и сроки начала ее массового использования на автомобильных дорогах общего пользования.

Для решения задач организации и управления дорожным движением одним из алгоритмов является алгоритм прогнозирования характеристик транспортного потока. При использовании данных из различных источников СУИТИ может использовать алгоритм прогнозирования характеристик транспортного потока для организации управления дорожным движением на улично-дорожной сети населенных пунктов или региональных и межмуниципальных автомобильных дорог.

Для испытания алгоритмов прогнозирования характеристик транспортного потока в целях обеспечения доверия к СУИТИ, основанным на использовании методов ИИ, настоящий стандарт устанавливает общие принципы проведения испытаний. В настоящем стандарте приведены перечень весовых коэффициентов для показателей качества алгоритма и тестовых наборов данных с приведением сценариев испытаний описываемого алгоритма. Приведены требования к представительности (полноте и несмещенности) тестовых данных, демонстрационные тестовые наборы данных, правила формирования представительных тестовых наборов данных и приведены принципы расширения (аугментации) тестовых наборов данных.

Настоящий стандарт является частью комплекса стандартов по установлению требований к применению технологий ИИ на автомобильной транспортной модальности для повышения доверия к технологиям ИИ, обеспечения безопасности дорожного движения, жизни и здоровья людей, сохранности их имущества, охраны окружающей среды и эффективности транспортных процессов.

|  |
| --- |
| **НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ** |
| **СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ**  **Системы управления Интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Требования к испытанию алгоритмов прогнозирования характеристик транспортного потока**  Intelligent transport infrastructure management systems. Requirements for testing traffic forecasting algorithms |
| **Дата введения — \_\_.\_\_.\_\_\_\_** |

# **1 Область применения**

Настоящий стандарт распространяется на процессы испытания частных алгоритмов, реализованных с использованием методов ИИ, подсистемы интерпретации входных данных о дорожной обстановке в автомобильной транспортной модальности — алгоритмов прогнозирования характеристик транспортного потока в СУИТИ.

СУИТИ, в состав которых входят алгоритмы с использованием методов искусственного интеллекта, требования к испытаниям которых установлены в настоящем стандарте, могут быть реализованы в составе интеллектуальных транспортных систем, управляющих дорожной деятельностью в населенных пунктах, городских агломерациях, сети региональных и межмуниципальных дорог, федеральных автомобильных дорог.

Настоящий стандарт предназначен для применения при проведении всех типов испытаний алгоритмов прогнозирования характеристик транспортного потока при управлении СУИТИ. Определяя минимальные требования и процедуры испытаний для алгоритмов прогнозирования характеристик транспортного потока, настоящий стандарт позволит обеспечить заинтересованным сторонам общий язык, помогающий облегчить разработку и безопасное внедрение технологий ИИ на автомобильной транспортной модальности и минимизации расходов при их проектировании.

# **2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты и другие нормативные документы:

ГОСТ Р 70249-2022 Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Высокоавтоматизированные транспортные средства. Термины и определения.

ГОСТ Р 70250-2022 Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Варианты использования и состав функциональных подсистем искусственного интеллекта.

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

# **3 Термины и определения**

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 70249-2022.

Кроме того, в настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **Автономность** (autonomy): Характеристика системы искусственного интеллекта, связанная с ее способностью самостоятельно (без участия человека) выполнять возложенные на нее функции в течение заданного времени и с заданными показателями качества, надежности, безопасности.

[ГОСТ Р 59277-2020, статья 3.1]

3.2 **Адаптируемость**: Характеристика системы искусственного интеллекта, связанная с ее способностью в процессе функционирования подстраиваться под изменяющиеся условия эксплуатации и (или) функционирования без существенной с перестройки системы со стороны ее разработчика.

3.3 **Интеллектуальность**: Наличие у технической системы свойств автономности и адаптируемости, а также реализация в технической системе дополнительных интеллектуальных функций.

3.4 **Интеллектуализация**: Повышение степени интеллектуальности информационной или автоматизированной системы.

3.5 **Интеллектуализированная система**: Техническая система, для которой был осуществлён процесс интеллектуализации.

# **4 Общие требования**

Общие требования и методика проведения испытаний алгоритмов прогнозирования характеристик транспортного потока определяются по ГОСТ Р 70250-2022.

# **5 Показатели и критерии качества алгоритма прогнозирования характеристик транспортного потока**

Организация, осуществляющая тестирование алгоритма прогнозирования характеристик транспортного потока, должна применять показатели и критерии для проведения оценки качества этого алгоритма (раздел 8, ГОСТ Р 70250-2022).

# **6 Весовые коэффициенты для оценки алгоритма прогнозирования характеристик транспортного потока**

Для конкретизации процедуры оценки качества алгоритма прогнозирования поведения участников дорожного движения в таблицах 1 — 5 приведены весовые коэффициенты для критериев и метрик качества. Весовые коэффициенты для критериев даны в первой графе. Сумма всех коэффициентов первой графы должна быть равна 1. Весовые коэффициенты для всех метрик качества заданного критерия даны в строке соответствующего критерия. Сумма всех коэффициентов для каждой строки должна быть равна 1.

Конкретные весовые коэффициенты для критериев и метрик фактора качества «Надежность» приведены в таблице 1.

Таблица1 — Весовые коэффициенты фактора качества «Надежность»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вес критерия | Критерий | Метрика 1  Н#–1 | Метрика 2  Н#–2 | Метрика 3  Н#–3 |
| 0,5 | Н1 | 0,3 | 0,6 | 0,1 |
| 0,5 | Н2 | 0,2 | 0,8 | — |

Конкретные весовые коэффициенты для критериев и метрик фактора качества «Сопровождаемость» приведены в таблице 2.

Таблица2— Весовые коэффициенты фактора качества «Сопровождаемость»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вес критерия | Критерий | Метрика 1  С#–1 | Метрика 2  С#–2 | Метрика 3  С#–3 | Метрика 4  С#–4 |
| 0,7 | С2 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,2 |
| 0,3 | С3 | 0,8 | 0,1 | 0,1 | — |

Конкретные весовые коэффициенты для критериев и метрик фактора качества «Удобство применения» приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Весовые коэффициенты фактора качества «Удобство применения»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вес критерия | Критерий | Метрика 1  У#–1 | Метрика 2  У#–2 | Метрика 3  У#–3 | Метрика 4  У#–4 | Метрика 5  У#–5 |
| 0,3 | У1 | 0,5 | 0,5 | — | — | — |
| 0,2 | У2 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,05 | 0,05 |
| 0,5 | У3 | 0,15 | 0,2 | 0,5 | 0,15 | — |

Для фактора качества «Эффективность» используются следующие весовые коэффициенты: для критериев Э2 и Э3 — 0,25, для Э4 — 0,5.

Конкретные весовые коэффициенты для критериев и метрик фактора качества «Корректность» приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Весовые коэффициенты фактора качества «Корректность»

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вес крите-рия | Крите-рий | Метри-ка 1  К#–1 | Метри-ка 2  К#–2 | Метри-ка 3  К#–3 | Метри-ка 4  К#–4 | Метри-ка 5  К#–5 | Метри-ка 6  К#–6 | Метри-ка 7  К#–7 | Метри-ка 8  К#–8 |
| 0,1 | К1 | 0,5 | 0,5 | — | — | — | — | — | — |
| 0,2 | К2 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,1 |
| 0,3 | К3 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | — | — | — | — | — |
| 0,4 | К4 | 1,0 | — | — | — | — | — | — | — |

Конкретные весовые коэффициенты для критериев и метрик фактора качества «Доверенность» приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Весовые коэффициенты фактора качества «Доверенность»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вес критерия | Критерий | Метрика 1  Д#–1 | Метрика 2  Д#–2 | Метрика 3  Д#–3 | Метрика 4  Д#–4 |
| 0,5 | Д1 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| 0,5 | Д2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,6 |

Представленные в таблицах 1 — 5 весовые коэффициенты для критериев и метрик являются рекомендуемыми, однако при испытании частного алгоритма для конкретной задачи можно выбирать специфические коэффициенты для этой задачи.

# **7 Тестовые наборы данных и сценарии испытания алгоритма прогнозирования характеристик транспортного потока**

В настоящем разделе описаны тестовые наборы данных и сценарии испытания алгоритма прогнозирования характеристик транспортного потока, а именно приведены требования к представительности (полноте и несмещенности) тестовых наборов данных, приведены фрагменты тестовых наборов данных — демонстрационные наборы данных, описаны правила формирования представительных тестовых наборов данных, включая, в случае необходимости, описание представительной совокупности тестовых сценариев, а также разъяснены принципы расширения (аугментации) тестовых наборов данных.

## 7.1 Требования к представительности (полноте и несмещенности) тестовых наборов данных

Тестовый набор данных должен быть репрезентативен, содержать целевой набор изображений и ситуаций по отношению к каждому существенному фактору эксплуатации.

Для обеспечения представительности тестового набора данных необходимо:

а) проводить испытания алгоритма прогнозирования характеристик транспортного потока на тестовом наборе, подготовленном в соответствии со статистическими закономерностями распределения существенных факторов эксплуатации, что позволит обеспечить тестирование алгоритма прогнозирования дорожных условий на соответствие реальной картине распределения дорожно-транспортных ситуаций;

б) обеспечить повторные испытания со специально смещенной выборкой относительно количества ситуаций независимо от их реального статистического распределения. Для этих целей допускается использовать следующие процедуры:

* 1. выделить ситуации, частота встречаемости которых в реальном окружении периферийного оборудования СУИТИ для сбора данных о характеристиках транспортного потока ниже средней частоты встречаемости всех ситуаций более, чем на 3 стандартных отклонения (редкие ситуации);

Примечание –– Уровень определения редких ситуаций является рекомендуемым и может быть изменен;

* 1. для выделенных ситуаций подготовить для испытаний «смещенную» выборку, которая позволяет лучше проанализировать поведение алгоритма в части редких ситуаций. Например, путем семплирования с изменением частоты соответствующих ситуаций, которая приближена к среднему по всем вариантам ситуаций, или путем ввода весовых коэффициентов при оценке ошибки в соответствующих классах. Конкретный способ должен быть явно определен в программе испытаний алгоритма до начала этих испытаний;
  2. провести испытания с подготовленной выборкой, чтобы убедиться, что алгоритм прогнозирует характеристики транспортного потока с достаточным качеством.

Такой принцип подбора тестового набора данных позволит обеспечить проверку возможностей алгоритма по прогнозированию всех ситуаций в различных контекстах (вариантах комбинаций значений существенных признаков), поскольку для обеспечения доверия к результатам работы алгоритма необходимо, чтобы точность прогнозирования не зависела от частоты встречаемости конкретного объекта распознавания при эксплуатации алгоритма.

При испытании СУИТИ необходимо руководствоваться принципами проведения испытаний: объективность испытаний, обоснованность применяемых методов (методик) испытаний, обеспечение единства измерений (аттестация методик измерений), воспроизводимость результатов испытаний и др.

## 7.2 Фрагменты тестовых наборов данных (демонстрационные наборы данных):

Основной демонстрационный набор тестовых данных для прогнозирования характеристик транспортного потока доступен по ссылке:

https://disk.yandex.ru/d/N-AxTFKsxjnhzw.

Тестовый набор описывает существенные факторы эксплуатации. Тестовый набор данных содержит следующие поля данных:

- вид оборудования;

- идентификатор оборудования;

- наименование оборудования;

- местоположение;

- дорога;

- направление;

- дата;

- интенсивность транспортного потока;

- средняя скорость.

Приведенный классификатор является исчерпывающим перечнем существенных факторов эксплуатации для рассматриваемого алгоритма прогнозирования характеристик транспортного потока, при этом сценарии дорожно-транспортных ситуаций должны генерироваться на основе приведенного перечня существенных факторов эксплуатации при испытании алгоритма прогнозирования характеристик транспортного потока с учетом тех или иных законов распределения существенных факторов эксплуатации.

## 7.3 Правила формирования представительных тестовых наборов данных (включая, в случае необходимости, описание представительной совокупности тестовых сценариев):

Тестовый набор данных содержит в себе следующий набор файлов:

- ГОСТ Р 1.093.22 - Демонстрационный набор данных.xlsx — таблица с временным рядом значений параметров транспортных потоков с трёх детекторов транспорта для тестирования алгоритмов прогнозирования параметров транспортных потоков.

Сам тестовый набор данных должен содержать в себе исходный набор данных с выборкой подтвержденных соответствующих ситуаций. Формат файла должен быть доступен для применения подходов синтетического расширения обучающей выборки, описанных в п. 7.4.

## 7.4 Принципы расширения (аугментации) тестовых наборов данных:

В целях увеличения репрезентативности обучающей выборки необходимо использовать методы из числа следующих:

- Сдвиг по времени. Это предполагает сдвиг данных временного ряда на определенное количество временных шагов для создания новых образцов для обучения. Например, можно сдвинуть данные о транспортном потоке вперед или назад на определенное количество временных шагов, чтобы создать новые образцы для обучения.

- Масштабирование. Это предполагает масштабирование данных временного ряда на определенный коэффициент для создания новых образцов для обучения. Например, можно масштабировать данные транспортного потока на коэффициент 0.5 или 2, чтобы создать новые обучающие выборки.

- Добавление шума. Это добавление случайного шума к данным временного ряда для создания новых образцов для обучения. Например, можно добавить гауссовский шум к данным транспортного потока, чтобы создать новые обучающие выборки.

- Интерполяция. Это интерполяция недостающих данных во временном ряду для создания новых образцов для обучения. Например, можно интерполировать недостающие данные о транспортном потоке для создания новых обучающих выборок.

- Сглаживание. Это сглаживание данных временного ряда для создания новых образцов для обучения. Например, можно использовать фильтр скользящего среднего для сглаживания данных о транспортном потоке, чтобы создать новые обучающие выборки.

- Повторная выборка. Это означает повторную выборку данных временного ряда с другой частотой для создания новых образцов для обучения. Например, данные о транспортном потоке можно дискретизировать с большей или меньшей частотой, чтобы создать новые обучающие выборки.

- Преобразование Фурье. Применяется преобразование Фурье к данным временного ряда для создания новых образцов для обучения. Например, можно использовать преобразование Фурье для извлечения частотных характеристик из данных транспортного потока, чтобы создать новые обучающие выборки.

- Вейвлет-преобразование. Это предполагает применение вейвлет-преобразования к данным временного ряда для создания новых образцов для обучения. Например, можно использовать вейвлет-преобразование для извлечения частотно-временных характеристик из данных транспортного потока, чтобы создать новые образцы для обучения.

Этот перечень методов должен быть применен к временным рядам с целью генерализации тестового набора данных для более объективного тестирования степени переобученности и устойчивости алгоритмов прогнозирований к шуму, различным дефектам изображений и настройкам периферийного оборудования, с которого были получены значения характеристик транспортных потоков.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | УДК 62-52 | ОКС 35.240.60 |   Ключевые слова: искусственный интеллект, автоматизация управления, СУИТИ, прогнозирование, транспортный поток, прогнозирование характеристик транспортного потока. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Руководитель разработки | Директор по аналитике и планированию SIMETRA, к.э.н. |  | В.П. Морозов |