

УДК 159.9

DOI: 10.34670/AR.2023.64.65.010

Прогнозирование дефицита внимания у человека-оператора на основании данных о пробках

Звездина Екатерина Борисовна

Студент,
Национальный исследовательский университет ИТМО,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49;
e-mail: im-in-paradise@rambler.ru

Билый Андрей Михайлович

Доктор медицинских наук, доцент,
Национальный исследовательский университет ИТМО,
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49;
e-mail: bilyi_andrei@mail.ru

Аннотация

Повседневная профессиональная деятельность человека-оператора связана с выполнением сложной деятельности, требующей повышенной концентрации. Появление дефицита внимания у таких людей влечет за собой выполнение неверных операций, что может привести к катастрофическим последствиям для всего промышленного объекта. Повышенный уровень пробки может рассматриваться как маркер влияния внешних условий на деятельность человека-оператора, провоцирующим повышение риска аварийной ситуации. Исходя из этого, проблема прогнозирования наступления сниженного уровня внимания человека является актуальной, поскольку поможет заранее узнать о состоянии человека, тем самым предупредить появление аварийной ситуаций и сохранить надежность технических систем. Целью данной работы является разработка метода прогнозирования дефицита внимания на основании данных о дорожной обстановке с использованием алгоритмов машинного обучения. Сделан вывод о том, что при уменьшении значения работоспособности увеличивается изменение уровня пробки. С использованием корреляционного анализа сделан вывод о том, что уровень концентрации человека на 20-30% процентов влияет на образование пробки. В статье описана реализация метода, позволяющего оценить уровень внимания человека на основании дорожных данных.

Для цитирования в научных исследованиях

Звездина Е.Б., Билый А.М. Прогнозирование дефицита внимания у человека-оператора на основании данных о пробках // Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования. 2023. Т. 12. № 2А. С. 109-118. DOI: 10.34670/AR.2023.64.65.010

Ключевые слова

Машинное обучение, дефицит внимания, человек-оператор, прогнозирование, дорожная ситуация.

Введение

С ростом технического прогресса в обществе стали разрабатываться человеко-машинные системы, что привело к неприятным последствиям: возрастанию числа аварий, отказам техники. Проблема того, как обеспечить надежность данных технических систем находило свое изучение в таких областях науки как физиология труда, инженерная психология, авариология [Семенистая, Подопрыголова, Семунина, 2008, 5]. Надежность системы обеспечивается путем успешного выполнения профессиональной деятельности, которая может быть реализована только при достаточном уровне внимания человека-оператора. Поддержание повышенного уровня внимания играет главную роль в технических автоматизированных системах, в котором подразумевается участие человека-оператора в их управлении [Халайджи, 2019, 20]. Повседневная профессиональная деятельность человека-оператора связана с выполнением большого количества сложных операций: управление автоматизированными устройствами и осуществление их контроля, регламентированное поведение при появлении аварийной ситуации, своевременное исправление нарушений в работе машины и т.д. Эти действия требуют повышенного уровня концентрации, и влияют на надежность системы в целом [Поляков и др., 2019, 5]. Появление дефицита внимания для таких людей является недопустимым, поскольку влечет за собой выполнение неверных операций, принятие неправильных решений, замедление работы по управлению системой и сниженный потенциал к реагированию на сбои в работе машины, что несет катастрофические последствия для всего промышленного объекта [Боброва, Герман, 2015, 10]. Исходя из этого, проблема прогнозирования наступления сниженного уровня внимания человека является актуальной, поскольку поможет заранее узнать о состоянии человека, на которого возложена большая ответственность за свою деятельности, тем самым предупредить появление аварийной ситуаций и сохранить надежность технических систем. В качестве инструмента для решения данной задачи прогнозирования широкое распространение на данный момент получило применение машинного обучения.

Литературный обзор

Изучение вопроса сохранения надежности человеко-машинных систем, не могло оставаться не изучаемым при бурном росте сложности технических средств. Проведение исследований в данной области начинаются со второй половины 20 века. Приведем некоторые из них.

Создание железнодорожного транспорта усугубило положение дел, касающихся обеспечения безопасной эксплуатации техники. В результате проводились многочисленные исследования по вопросам обеспечения эффективной и качественной деятельности человека с целью предотвращения нарушений и случаев происшествий. И.И. Рихтер, проанализировав причины появления опасности и специфику ее преодоления, в своих работах определил базовые психологические принципы для обеспечения трудовой деятельности человека. Кроме этого, он определяет два вида опасности: нормальная и чрезвычайная. «Нормальной» является опасность, которая является ожидаемой, например, опасный участок дороги, а чрезвычайной – опасность, которая возникает неожиданно, например, ввиду человеческих ошибок или появления

неисправности технических средств [Бодров, Орлов, 1998, 50].

Г. Мюнстербергер провел исследования, посвященные деятельности водителей трамваев, и определил, что на управление техническим средством влияет индивидуальная предрасположенность водителя, которая выражается в уровне психологических качеств, таких как внимание и пространственная ориентация. Затем были проведены исследования, посвященные профессионально важным качествам, необходимым для работы водителем транспорта [там же, 55].

В результате итало-турецкой войны, а затем и во время Первой мировой войны, было обнаружено, что происшествия в авиации зависят от психологических характеристик пилота. Этот факт стал основой для развития науки авариологии [там же, 70].

Создание научных организаций, занимающихся исследованием и решением прикладных задач в этой области, также оказало влияние на развитие психофизиологического аспекта трудовой деятельности человека.

С.Г. Геллерштейн, работая в качестве авиационного психолога, доказал, что личные факторы могут быть причиной аварий. Его идеи были развиты другими учеными, такими как К.К. Платонов, А.Г. Шишов и А.М. Пиковский. Под личными факторами Геллерштейн понимал такие аспекты, как эмоциональность, воля, темперамент, характер и состояние здоровья. Зарубежные медики и психологи также определяли личные факторы как нарушения нервно-психических процессов летчика или его предрасположенность к аварии [там же, 60].

В 1960-1990 годах были проведены психофизиологические эксперименты, направленные на изучение качеств человека, которые имеют особое значение для стабильной операторской деятельности, их регуляционных процессов и их влияния на качество работы [там же, 100].

Б.Ф. Ломов отмечал, что проблема надежности человека-оператора занимает важное место в инженерной психологии. Надежность работы человека-оператора можно определить как вероятность успешного выполнения его деятельности на определенном этапе функционирования системы в течение заданного временного интервала и при заданной продолжительности работы. Однако Ломов также обращал внимание на то, что надежность человека-оператора не может быть полностью определена только этими параметрами, поскольку она подвержена изменениям, зависящим от индивидуальных характеристик человека и других факторов [там же, 61].

В ходе исследований К.М. Гуревича была выявлена взаимосвязь между нервными процессами человека и его поведением (ошибочными действиями или бездействием) при возникновении сложной ситуации, требующей принятия ответственных решений [там же, 150].

Также вопросами операторской деятельности занимались такие ученые, как Б.Ф. Ломов, В.Д. Небылицын, В.П. Зинченко, К.К. Платонов, Г.М. Зараковский, Н.Д. Завалова, В.А. Пономаренко, А.А. Крылов, Е.А. Климов, В.Ф. Венда [Сергеев, 2008, 122].

Влияние дорожного трафика на состояние человека рассмотрены в работах [Гюлев, 2011а, 73] и [Гюлев, 2011б, 73]. Однако задача прогнозирования дефицита внимания на основании уровня пробки является нерешенной в полном объеме, поскольку на уровень пробки могут влиять различные факторы в разном объеме, например, погодные условия, плотность трафика, наличие строительных работ и т.д.

Материалы и методы

Изменение погодных условий могут оказывать влияние на состояние человека, ухудшая тем самым его способность эффективно выполнять деятельность. Ухудшение внимания приводит к

состоянию, когда человек наиболее склонен совершать ошибки, в результате риск возникновения аварийной ситуации становится велик. В случае работы оператора результатом нахождения человека в таком состоянии – создание катастрофической ситуации. В случае работы водителя – это риск возникновения ДТП. Поэтому дорожная ситуация в данной работе рассматривается как маркер влияния внешних условий на деятельность большой группы людей.

Предлагаемая модель прогнозирования состоит из трех шагов.

На первом шаге происходит прогнозирование работоспособности человека на основе погодных условий. Это позволяет определить, как погодные изменения влияют на состояние человека.

Второй шаг связан с влиянием состояния человека на успешность его водительской деятельности. Изменение уровня пробок может служить индикатором снижения внимания у человека. После получения прогноза работоспособности человека происходит прогнозирование изменения уровня пробки, которое может быть вызвано изменением прогнозируемой работоспособности. При этом учитываются данные о количестве аварий за день.

Третий шаг основывается на полученных данных и предыдущих исследованиях, связанных с взаимосвязью между вниманием и уровнем пробок. На основании этой информации выдвигается вывод оценки внимания человека в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 - Принятые диапазоны уровня внимания и соответствующего балла пробки

Балл пробки	Уровень внимания
0-2	В норме
3-4	Наблюдается небольшое снижение уровня внимательности.
5-6	Наблюдается критическое состояние, дефицит внимания

В данном исследовании ежедневно осуществлялся сбор данных об уровне пробок с использованием сервиса 2GIS.

Для сбора данных о физиологическом состоянии пользователей, а именно о показателе ЧСС (частоте сердечных сокращений), были использованы приложения, связывающие мобильные устройства с фитнес-браслетами [Сергеев, Бубнов, 2020, 66]. Дополнительно были использованы данные о сне, что позволяет определить промежутки активности человека.

Для анализа дорожной ситуации были использованы открытые данные о ДТП, которые произошли с ноября по март, полученные с сайта <http://stat.gibdd.ru/>

Сбор данных об уровне внимания возможен с помощью специально разработанного приложения, которое включает возможность заполнения анкеты о работоспособности и сохранения личных данных из соответствующих разделов приложения [Розенбаум, Климченко, 2015, 254]. Это позволяет оценить уровень внимания человека в течение дня, поскольку снижение работоспособности является следствием пониженного внимания человека. Оценка работоспособности представляет собой число от 0 до 100.

Для построения модели прогнозирования работоспособности человека был использован алгоритм машинного обучения случайный лес. Для подбора оптимальных параметров модели использовалась реализация GridSearch из библиотеки scikit-learn [Лимановская, Алферьева, 2020, 121].

В данной работе для прогнозирования уровня пробки был использован алгоритм для решения задач классификации – k-ближайших соседей, который показал наилучший результат

и был выбран в качестве прогнозирующей модели.

Для балансировки количества данных в классах при прогнозировании уровня пробки был применен алгоритм ADASYN. Этот алгоритм основан на синтетической генерации данных и применяется в задачах классификации с несбалансированными данными. ADASYN адаптивно регулирует количество синтетических образцов, генерируемых для каждого образца из меньшего класса, исходя из его «трудности» или степени несбалансированности в данных. Таким образом, он помогает уравновесить классы и улучшить производительность модели.

Результаты и их обсуждение

Приведенные ниже графики (рисунок 1) демонстрируют результат, который показывает, что приведенные факторы с большей вероятностью являются обособленными и сами по себе не влияют на изменение уровня пробки.

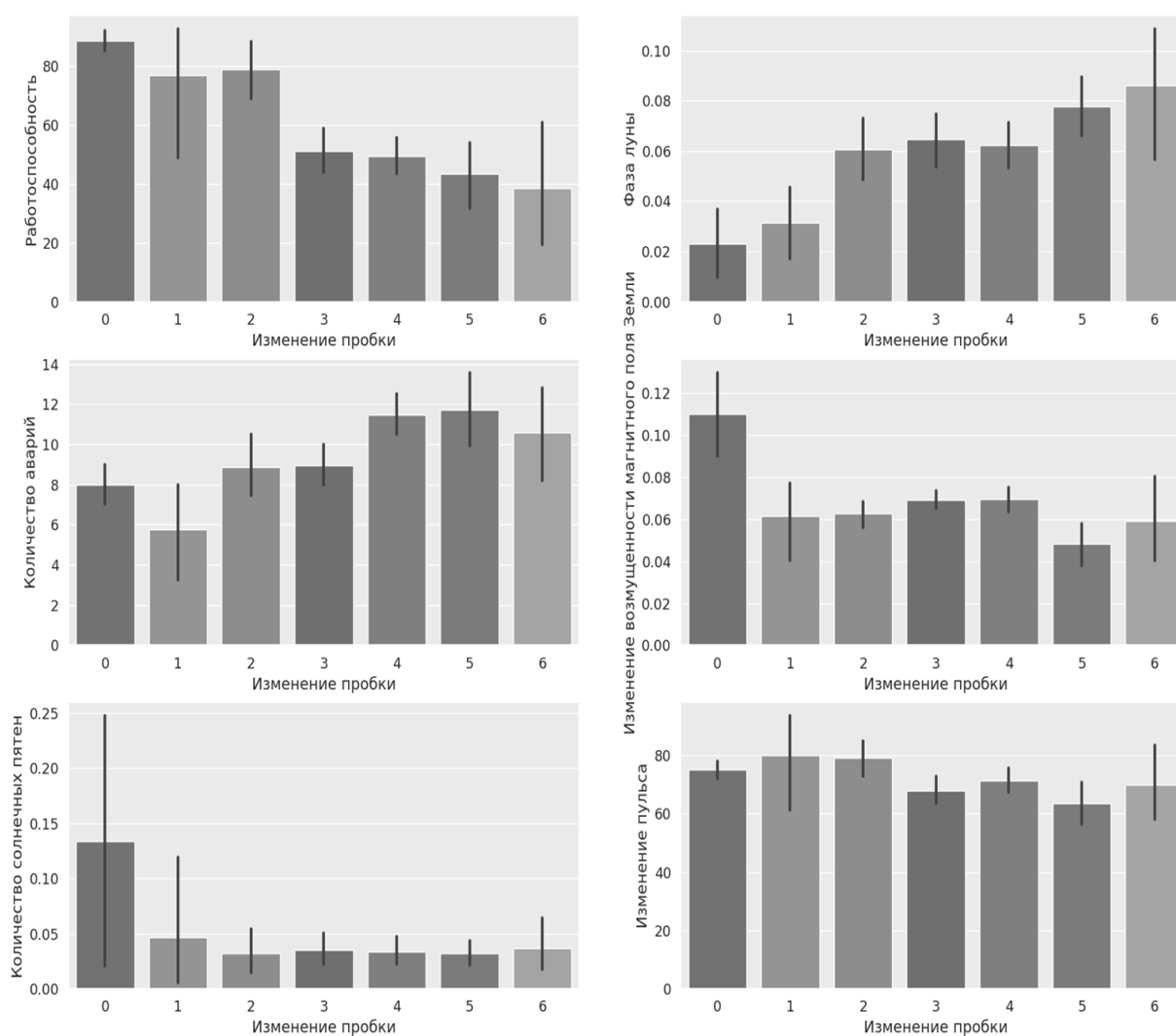


Рисунок 1 - Графики зависимости факторов от изменения уровня пробки

На рисунках 2-6 представлены результаты корреляционного анализа. По результатам для всех участников можно заметить небольшую корреляцию между изменением пробки и лунной

фазой, которая составляет 23%. Корреляция является положительной, что означает, что с увеличением фазы возрастает уровень пробки, т.е. при растущей луне наблюдается повышение уровня пробки. Увеличение количества аварий влияет на 30% на повышение уровня пробок. Данные о пульсе ЧСС мало взаимодействуют с уровнем пробки, что в большинстве случаев составляет всего 4% корреляции. Корреляция между изменением уровнем пробки и работоспособностью выражается отрицательным числом, что означает увеличение изменения уровня пробки при уменьшении значения работоспособности и составляет в среднем для всех участников 28%.

По результатам корреляционного анализа внешних факторов и работоспособности наибольшее влияние оказало изменение видимости (в среднем 36%), изменение влажности (в среднем 33%), количество секунд в дне (в среднем 60%), изменение пульса (54%).

	Изменение пробки	Работоспособность	Изменение пульса	Количество аварий	Фаза луны	Изменение видимости	Изменение влажности	Изменение возмущенности магнитного поля Земли	Количество секунд в дне	Количество солнечных пятен
Изменение пробки	1.000000	-0.414390	-0.201635	0.325291	0.233689	-0.208721	-0.008206	-0.179670	-0.081272	-0.104155
Работоспособность	-0.414390	1.000000	0.785894	-0.225409	-0.062413	0.238260	0.201193	0.218896	0.495737	0.262217

Рисунок 2 - Корреляционный анализ внешних факторов, уровня работоспособности и изменения пробки для первого участника

	Изменение пробки	Работоспособность	Изменение пульса	Количество аварий	Фаза луны	Изменение видимости	Изменение влажности	Изменение температуры	Изменение возмущенности магнитного поля Земли	Количество секунд в дне	Количество солнечных пятен
Изменение пробки	1.000000	-0.313121	0.044249	0.300692	0.264082	-0.097769	-0.050720	-0.149951	-0.274000	0.206851	0.303344
Работоспособность	-0.313121	1.000000	-0.251654	-0.004021	-0.265748	0.256941	-0.354617	0.242768	0.287603	-0.546488	-0.210594

Рисунок 3 - Корреляционный анализ внешних факторов, уровня работоспособности и изменения пробки для второго участника

	Изменение пробки	Работоспособность	Изменение пульса	Количество аварий	Фаза луны	Изменение видимости	Изменение влажности	Изменение температуры	Количество секунд в дне	Изменение облачности	Изменение количества осадков
Изменение пробки	1.000000	-0.168542	-0.074774	0.325291	0.233689	-0.208721	-0.008206	-0.041879	-0.081272	0.083306	-0.150620
Работоспособность	-0.168542	1.000000	0.523297	-0.111143	-0.032761	0.584774	0.362344	0.380425	0.512090	0.449586	0.414370

Рисунок 4 - Корреляционный анализ внешних факторов, уровня работоспособности и изменения пробки для третьего участника

	Изменение пробки	Работоспособность	Изменение пульса	Количество аварий	Фаза луны	Изменение видимости	Изменение влажности	Количество секунд в дне	Количество солнечных пятен	Изменение облачности	Изменение количества осадков
Изменение пробки	1.000000	-0.318543	-0.028987	0.325291	0.233689	-0.208721	-0.008206	-0.081272	-0.104155	0.083306	-0.150620
Работоспособность	-0.318543	1.000000	0.544243	-0.170737	-0.108301	0.314856	0.318347	0.635421	0.315086	0.274443	0.258009

Рисунок 5 - Корреляционный анализ внешних факторов, уровня работоспособности и изменения пробки для четвертого участника

	Изменение пробки	Работоспособность	Изменение пульса	Количество аварий	Фаза луны	Изменение видимости	Изменение влажности	Количество секунд в дне	Количество солнечных пятен	Изменение облачности	Изменение количества осадков
Изменение пробки	1.000000	-0.210277	-0.022127	0.325291	0.233689	-0.208721	-0.008206	-0.081272	-0.104155	0.083306	-0.150620
Работоспособность	-0.210277	1.000000	0.631108	-0.052497	-0.093086	0.463725	0.434378	0.824550	0.411823	0.367513	0.375407

Рисунок 6 - Корреляционный анализ внешних факторов, уровня работоспособности и изменения пробки для пятого участника

По результатам корреляционного анализа можно сделать предположение о том, что на образование пробки внимание человека вносит вклад равный 20-30%.

Оценки, полученные при прогнозировании изменения уровня пробки на тестовых данных, представлены в таблице 2. Точность, полнота и F1-мера достигают значений выше 0,5, а ассигасу также составляет больше 60%. Это говорит о том, что модели для всех участников обладают способностью правильно классифицировать примеры и обнаруживать положительные случаи.

Таблица 2 - Оценки модели прогнозирования уровня пробки

Номер	F1	Recall	Precision	Accuracy
1	0.58	0.61	0.59	0.611
2	0.65	0.67	0.66	0.667
3	0.57	0.58	0.72	0.583
4	0.61	0.67	0.58	0.667
5	0.6	0.64	0.7	0.629

Результаты прогнозирования для даты 02.01.2023 для пяти участников исследования представлены в таблице 3. Как можно видеть, в среднем для рассматриваемой группы людей предсказанное изменение уровня пробки составляет 2 балла, что соответствует реальному изменению балла пробки в этот день. В соответствии с полученными ранее результатами проведения корреляционного анализа о том, что уровень внимания на 20-30% влияет на образование пробки, и таблицей 1, можно сделать вывод, о том, что в норме внимание находится у участников 1 и 3, у остальных участников характерно ухудшение уровня работоспособности при одинаковом предсказанном уровне пробки, что говорит о групповом влиянии внешних факторов на группу людей.

Таблица 3 - Результаты прогнозирования уровня внимания для 02.01.2023

Номер	Предсказанная работоспособность	Реальная работоспособность	Предсказанный уровень пробки	Реальный уровень пробки	Уровень внимания
1	83	94	0	2	В норме
2	76	90	3	2	Небольшое ухудшение
3	28	64	2	2	В норме
4	59	83	3	2	Небольшое ухудшение
5	22	24	3	2	Небольшое ухудшение

По данным таблицы 4 для участников 1, 2, 4, 5 наблюдается одинаковое предсказанное значения уровня пробки при ухудшении значения работоспособности. Для 3 участника характерен критический уровень внимания.

Таблица 4 - Результаты прогнозирования уровня внимания для 12.12.2022

Номер	Предсказанная работоспособность	Реальная работоспособность	Предсказанный уровень пробки	Реальный уровень пробки	Уровень внимания
1	25	16	4	4	Небольшое ухудшение
2	76	77	4	4	Небольшое ухудшение

Номер	Предсказанная работоспособность	Реальная работоспособность	Предсказанный уровень пробки	Реальный уровень пробки	Уровень внимания
3	29	32	5	4	Критический уровень
4	36	18	4	4	Небольшое ухудшение
5	19	18	4	4	Небольшое ухудшение

Заключение

В результате данного исследования можно сделать вывод о том, что внимание человека напрямую влияет на качество совершаемой им деятельности, поэтому прогнозирование его дефицита с помощью машинного обучения на основании прогнозирования внешних факторов представляет собой важную и актуальную задачу для современного развивающегося общества. Сделан вывод о том, что проблема взаимодействия человека и технического средства в системе «человек-машина» имеет первостепенную важность решения.

Сделан вывод о том, что наступление ухудшение функционального состояния выступает как причина возникновения дефицита внимания. Наступление дефицита внимания можно спрогнозировать с помощью дорожной обстановки, а конкретно наличием ДТП в рассматриваемом регионе, которое выступает маркером влияния внешних условий на деятельность людей, провоцирующим повышение риска аварийной ситуации.

Проведенные исследования и разработанная модель прогнозирования свидетельствует о существовании взаимосвязи между вниманием человека и уровнем пробки. Некоторые факторы, такие как облачность, количество секунд в дне, влажность, видимость, температура, количество осадков, воздействуя на группу людей, могут приводить к ухудшению состояния человека, которое сказывается на дорожной обстановке. Однако сами по себе погодные условия и данные ЧСС мало влияют на образование пробки, но наибольший процент корреляции был замечен от следующих погодных факторов: фаза луны, видимость, возмущенность магнитного поля Земли.

Точный процент общего влияния состояния людей на уровень пробки сказать сложно, поскольку необходимо учитывать больше факторов, влияющих на уровень пробки, но в результате проведения корреляционного анализа в данном исследовании было выделено, что внимание человека может оказывать влияние на дорожный трафик, равное 20-30%. При этом корреляция является отрицательной, что означает, что при уменьшении значения работоспособности увеличивается изменение уровня пробки.

Разработанная модель прогнозирования пробки, используемая в описанном методе, в целом дает хорошие результаты, что позволяет заранее определить уровень пробки. Дальнейшие исследования могут быть направлены на уточнение модели путем расширения количества рассматриваемых факторов и увеличения срока сбора данных.

Библиография

1. Боброва Н.Л., Герман О.В. Использование программно-аппаратного комплекса для мониторинга состояния работников атомной станции // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2015. № 7 (93). С. 106-110.

2. Бодров В.А., Орлов В.Я. Психология и надежность: человек в системах управления техникой. М., 1998. 288 с.
3. Гюлев Н.У. Исследование факторов, влияющих на состояние водителя в транспортном заторе // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011. № 4 (53). С. 73-75.
4. Гюлев Н.У. Модель влияния транспортного затора на функциональное состояние водителя // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011. № 6 (50). С. 73-75.
5. Лимановская О.В, Алферьева Т.И. Основы машинного обучения. Екатеринбург, 2020. 88 с.
6. Поляков А.В. и др. Прогнозирование появления и развития расстройств когнитивной функции внимания в процессе трудовой деятельности операторов информационно-насыщенных человеко-машинных систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2019. № 3. С. 99-112.
7. Розенбаум А.Н., Климченко В.В. Прогнозирование работоспособности оператора человеко-машинной системы // Ученые заметки ТОГУ. 2015. № 4. С. 253-256.
8. Семенистая Е.С., Подопрыголова О.Н., Семунина Н.С. Анализ методов оценки надежности деятельности человека-оператора // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008. № 2 (79). С. 209-217.
9. Сергеев Р.А., Бубнов В.П. Применение нейронных сетей для определения физического состояния человека // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2020. № 2 (22). С. 65-70.
10. Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика. М., 2008. 176 с.
11. Халайджи А.К. Задача непрерывного мониторинга состояния оператора в системе «человек – машина» // Будущее машиностроения России. М., 2019. С. 858-862.

Predicting attention deficit in a human operator based on traffic data

Ekaterina B. Zvezdina

Graduate Student,
ITMO University,
197101, 49, Kronverkskii ave., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: im-in-paradise@rambler.ru

Andrei M. Bilyi

Doctor of Medicine, Associate Professor,
ITMO University,
197101, 49, Kronverkskii ave., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: bilyi_andrei@mail.ru

Abstract

The daily professional activity of a human operator is associated with performing complex activities that require increased concentration. The appearance of attention deficit in such people entails the execution of incorrect operations, which can lead to disastrous consequences for the entire industrial facility. An increased traffic jam level can be considered as a marker of the influence of external conditions on the activity of a human operator, provoking an increase in the risk of an emergency. Based on this, the problem of predicting the onset of a reduced level of human attention is relevant, since it will help to know in advance about a person's condition, thereby preventing the occurrence of emergency situations and maintaining the reliability of technical systems. The purpose of this work is to develop a method for predicting attention deficit based on traffic data using machine learning algorithms. It is concluded that the change in visibility, the disturbance of the Earth's magnetic field, and the phase of the Moon have a slight effect on the traffic jam level from weather conditions. It is concluded that with a decrease in the performance value, the change in the traffic jam level increases. Using correlation analysis, it was concluded that the concentration level

of a person affects the formation of a traffic jam by 20-30% percent. The article describes the implementation of a method that allows you to assess the level of human attention based on road data.

For citation

Zvezdina E.B., Bilyi A.M. (2023) Prognozirovaniye defitsita vnimaniya u cheloveka-operatora na osnovanii dannykh o probkakh [Predicting attention deficit in a human operator based on traffic data]. *Psikhologiya. Istoriko-kriticheskie obzory i sovremennyye issledovaniya* [Psychology. Historical-critical Reviews and Current Researches], 12 (2A), pp. 109-118. DOI: 10.34670/AR.2023.64.65.010

Keywords

Machine learning, attention deficit, human operator, forecasting, traffic situation.

References

1. Bobrova N.L., German O.V. (2015) Ispol'zovanie programmno-apparatnogo kompleksa dlya monitoringa sostoyaniya rabotnikov atomnoi stantsii [The use of software and hardware complex for monitoring the state of nuclear power plant workers]. *Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki* [Reports of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics], 7 (93), pp. 106-110.
2. Bodrov V.A., Orlov V.Ya. (1998) *Psikhologiya i nadezhnost': chelovek v sistemakh upravleniya tekhniki* [Psychology and reliability: man in control systems of equipment]. Moscow.
3. Gyulev N.U. (2011) Issledovanie faktorov, vliyayushchikh na sostoyanie voditelya v transportnom zatore [Study of the factors affecting the state of the driver in a traffic jam]. *Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii* [Eastern European Journal of Advanced Technologies], 4 (53), pp. 73-75.
4. Gyulev N.U. (2011) Model' vliyaniya transportnogo zatora na funktsional'noe sostoyanie voditelya [Model of traffic congestion influence on the driver's functional state]. *Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii* [Eastern European Journal of Advanced Technologies], 6 (50), pp. 73-75.
5. Khalaidzhi A.K. (2019) Zadacha nepreryvnogo monitoringa sostoyaniya operatora v sisteme «chelovek – mashina» [The task of continuous monitoring of the state of the operator in the system "man – machine"]. In: *Budushchee mashinostroeniya Rossii* [Future of mechanical engineering in Russia]. Moscow.
6. Limanovskaya O.V., Alfer'eva T.I. (2020) *Osnovy mashinnogo obucheniya* [Fundamentals of machine learning]. Yekaterinburg.
7. Polyakov A.V. et al. (2019) Prognozirovaniye poyavleniya i razvitiya rasstroystv kognitivnoi funktsii vnimaniya v protsesse trudovoi deyatel'nosti operatorov informatsionno-nasyshchennykh cheloveko-mashinnykh sistem [Forecasting the emergence and development of disorders of the cognitive function of attention in the process of labor activity of operators of information-saturated human-machine systems]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie* [News of the South-Western State University. Series: Management, computer technology, informatics. Medical instrumentation], 3, pp. 99-112.
8. Rozenbaum A.N., Klimchenko V.V. (2015) Prognozirovaniye rabotosposobnosti operatora cheloveko-mashinnoi sistemy [Forecasting the performance of a human-machine system operator]. *Uchenye zametki TOGU* [Proc. of Pacific State University], 4, pp. 253-256.
9. Semenistaya E.S., Podoprygolova O.N., Semunina N.S. (2008) Analiz metodov otsenki nadezhnosti deyatel'nosti cheloveka-operatora [Analysis of methods for assessing the reliability of human operator activity]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskoe nauki* [SFU News. Technical science], 2 (79), pp. 209-217.
10. Sergeev R.A., Bubnov V.P. (2020) Primeneniye neironnykh setei dlya opredeleniya fizicheskogo sostoyaniya cheloveka [Application of neural networks to determine the physical state of a person]. *Intellektual'nye tekhnologii na transporte* [Intelligent technologies in transport], 2 (22), pp. 65-70.
11. Sergeev S.F. (2008) *Inzhenernaya psikhologiya i ergonomika* [Engineering psychology and ergonomics]. Moscow.