

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«Национальный исследовательский университет ИТМО»**  
**(Университет ИТМО)**

**Факультет      БИТ**

**Образовательная программа      Функциональная      безопасность      беспилотных транспортных средств**

**Направление подготовки 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов**

**О Т Ч Е Т**

**о научно-исследовательской работе**

**Наименование темы: Исследование human factors для железнодорожных систем**

**Обучающийся: Ляховенко Юлия Александровна, магистрант группы № N4162**

**Согласовано:**

**Научный руководитель: Попов Илья Юрьевич, к.т.н., доцент ФБИТ, Университет ИТМО**  
**Ответственный за научно-исследовательскую работу: Бudyко Михаил Юрьевич, к.т.н., доцент ФБИТ, Университет ИТМО**

**Научно-исследовательская работа выполнена с оценкой \_\_\_\_\_**

**Дата \_\_\_\_\_**

**Санкт-Петербург**  
**2021**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ПРОБЛЕМА АКТУАЛЬНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМ .....	4
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ.....	5
ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ..	7
Системы анализа аварий на железнодорожном транспорте .....	8
Исследования human factors для железнодорожных систем .....	10
1. Бдительность и восприятие машинистов .....	10
2. Сигналы и контроль .....	11
3. Техническое обслуживание и ремонт.....	11
4. Другие заинтересованные стороны .....	11
5. Уровень планирования.....	12
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ.....	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	15

## **ВВЕДЕНИЕ**

Основной целью научно-исследовательской работы является определение существующих решений в области диссертационного исследования.

Для достижения намеченных целей предполагается выполнение следующих задач:

1. определить существующие решения;
2. обосновать выбор;
3. провести обзор существующих решений;
4. провести оценку методов в соответствии с показателями качества.

В рамках научно-исследовательской работы оцениваются протоколы взаимной аутентификации, которые были предложены на данный момент в Journal of Supercomputing, и выявляем уязвимости, которыми могут воспользоваться находчивые противники. В частности, рассмотрены протоколы, представленные в [1, 2, 7, 13, 16]. При необходимости указано на определенные части протоколов, которые способствуют выявленным уязвимостям. Выявление уязвимостей - необходимый шаг в улучшении аспектов безопасности и конфиденциальности протоколов аутентификации на основе RFID. Следует отметить, что ни один протокол аутентификации не является на 100% безопасным, поскольку это зависит от трудностей, связанных с раскрытием информации (например, псевдослучайные числа, факторизация больших полупростых чисел).

# **ПРОБЛЕМА                      АКТУАЛЬНОСТИ                      ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ      БЕЗОПАСНОСТИ      ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМ**

Железнодорожный транспорт является важным компонентом инфраструктуры в разных странах мира. Критическая роль обеспечения безопасности железнодорожной сети обосновывается ее функциями перевозки людей и грузов. Первостепенным шагом в процессе обеспечения безопасности является выявление факторов, способствующих возникновению инцидентов.

Влияние человеческого фактора (human factors) способствует большому количеству инцидентов, которые происходят в том числе и в железнодорожной системе [1]. Более 70% несчастных случаев по-прежнему связаны с человеческими ошибками, и 100% из них прямо или косвенно связаны с human factors. Хотя железнодорожный сектор является одним из самых безопасных видов транспорта, около 75% несчастных случаев со смертельным исходом в Европе в период с 1990 по 2009 год произошли из-за человеческих ошибок [2]. В соответствии с самыми последними теориями несчастных случаев [3, 4] human factors можно рассматривать как следствие отказа системы, а не как причину нежелательного события [5, 6].

Оперативное выявление и устранение человеческих факторов, а также сдерживание последствий, возникающих в результате их возникновения, позволяют сделать железнодорожный транспорт безопаснее [7]. Своевременное выявление human factors позволит разработать соответствующие стратегии для предотвращения и/или смягчения последствий. На сегодняшний день в России нет исследований, которые бы систематически изучали проблему влияния human factors на железнодорожную систему.

Стоит отметить, что human factors детализируется на различных уровнях железнодорожной организации, таких как проектирование, эксплуатация, техническое обслуживание и т.д. Как типичная сложная социотехническая система [8], железнодорожные системы не являются простой инженерной суммой технических компонентов, какими бы сложными ни были они или их

взаимодействие. Они используются людьми для самых разных целей и с разнородными возможностями, эксплуатируются, контролируются и ремонтируются другими людьми в организации, постоянно модернизируются и улучшаются инженерами под руководством целей и задач, сформулированных руководством в соответствии с местной или национальной политикой.

С другой стороны, помимо общепринятого взгляда на людей как на угрозу в очень сложных областях накопились данные о том, что человек рассматривается как ресурс безопасности, позволяющий предвидеть и/или справиться с угрозами и сбоями (т.е. внесение вклада в устойчивость системы). Наконец, инновации в исследованиях и проектировании транспортных систем должны также учитывать интересы человека в свете социальных и этических соображений для достижения безопасной, надежной, справедливой и инклюзивной мобильности (т. е. независимо от когнитивных или физических способностей людей) [9, 10].

С начала 2000-х годов значимость исследований human factors на железнодорожном транспорте возросла, о чем свидетельствуют многочисленные конференции и публикации по human factors. Проектирование, ориентированное на человека, — это попытка адаптировать концепции и модели системного проектирования, связанные с этапами жизненного цикла железнодорожной системы, чтобы они соответствовали этим различным задачам и обеспечивали более высокую интеграцию аспектов human factors, чтобы помочь в разработке прорывных инноваций для будущих транспортных систем.

## **ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ**

Преимущества интеграции human factors в систему управления безопасностью железнодорожного транспорта:

- повышение безопасности, благополучия и удовлетворенности
- эффективность и результативность

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что преимуществами интеграции human factors в систему управления безопасностью (Safety

Management System) являются повышение безопасности железнодорожного движения, его благополучия и удовлетворенности общества, а также повышение эффективности и результативности железнодорожной системы.

Все это показывает важность исследования человеческого фактора на железнодорожном транспорте. Такие аварии, как Хэтфилд и Поттерс-Бар, привлекли внимание к техническому обслуживанию — осмотру, ремонту и обновлению, — которое должно происходить либо ночью, либо захватывать путь в дневное время и, таким образом, делить инфраструктуру с несколькими поездами в час, что может снизить эффективность и увеличить риски для безопасности.

Планирование и управление имуществом, а также контроль над инженерными работами являются ключевыми областями будущих улучшений, и человеческий фактор играет здесь ключевую роль.

## **ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ**

Еще в 1996 г. Худоклин и Розман [11] обсуждали надежность персонала железнодорожного транспорта, определяли наиболее критичные эксплуатационные ошибки и приводили вероятности ошибок. Позже Вандерхаген [12] ввел невероятностный подход для выявления как допустимых, так и недопустимых наборов ухудшений поведения человека, которые могут повлиять на безопасность железнодорожной системы. Этот подход был применен к железнодорожным сценариям с упором на снижение производительности, связанное с тремя поведенческими факторами, т. е. приобретением, решением проблем и действием. Давая полезную информацию, оба подхода не учитывают один из фундаментальных элементов анализа человеческой деятельности, т.е. то, что производительность зависит от контекста и условий, в которых выполняются задачи или деятельность [13, 14]. Такие условия, широко известные как факторы, формирующие производительность (performance shaping factors, PSF), определяются как «все воздействия, которые улучшают или ухудшают работоспособность человека» [15], таких как возраст, условия труда, сотрудничество в коллективе, психическое и физическое здоровье, опыт работы или обучение.

В работах [16, 17] изучено влияние человеческого фактора на работу планировщиков, например, в составлении расписания, организации владения (пути для технического обслуживания) и для работы в чрезвычайных ситуациях.

В [18] рассмотрены модели системного уровня, включая модели распределенного познания всей железнодорожной системы, а также взаимодействия и репрезентации человек-человек, и человек-артефакт.

В [19] начат анализ руководств и стандартов безопасности, связанных с человеческим фактором для получения соответствия требованиям железнодорожных приложений и руководства ресурсами, планирующими и проектирующими сети завтрашнего дня.

В значительной степени связанный с подходом к общей системной эргономике, человеческий фактор на железнодорожном транспорте также дал дальнейшее развитие понятию и практике интеграции человеческого фактора при разработке систем. Достижения в этой области часто либо скрываются в документации по коммерческим проектам [20], либо проводились консультантами, менее заинтересованными в публикациях (в научных журналах). Чтобы исправить это, доклады, представленные на конференции, были опубликованы в виде книги [21], а избранные доклады конференции опубликованы в расширенной форме в этом специальном выпуске журнала «Познание, технология и работа» (“Cognition, Technology and Work”), а также в одном из выпусков журнала «Прикладная эргономика» (“Applied Ergonomics”).

### **1. Системы анализа аварий на железнодорожном транспорте**

Для выявления человеческих и организационных факторов, причастных к авариям, был разработан ряд методов исследований human factors. Одной из наиболее используемых системных моделей причин аварий является метод теоретико-системного моделирования и процессов аварий (Systems–Theoretical Accident Modelling and Processes, STAMP). STAMP основан на теории системы и управления и фокусируется на безопасности как проблеме управления и возникающей функции системы [22].

STAMP рассматривает человеческие ошибки как признак системы, а не как причинные факторы аварий, требуя от аналитиков рассмотрения того, как условия системы могут привести к «ошибкам». STAMP обеспечивает целостное представление о человеческих ошибках и организационных факторах в своем анализе, элемент человеческого фактора STAMP несколько ограничен и недоопределен, а управленческие и социальные проблемы в социально-технической системе просто рассматриваются как источники неудач с точки зрения контроля ограничений [23]. Кроме того, STAMP не дает подробного руководства для понимания того, почему люди ведут себя так, а не иначе. В результате чего аналитикам трудно выявить человеческие и организационные ошибки [24].



Система анализа и классификации человеческого фактора (Human Factors Analysis and Classification System, HFACS) — еще одна широко используемая система анализа аварий, связанных с человеческим фактором. HFACS — это общая система кодирования человеческих ошибок, основанная на модели швейцарского сыра Рисона (Reason's Swiss Cheese Model) [25], разработанная Шаппеллом и Вигманном [26].

HFACS анализирует ошибки человека на четырех уровнях: небезопасные действия, предпосылки для небезопасных действий, небезопасный надзор и влияние организации. Недостатком модели является то, что HFACS иногда рассматривается как слишком конкретизированный фактор в уровнях, и аналитики могут упустить важные факторы просто потому, что они не были охвачены методом HFACS. Авторы [27] собрали 407 отчетов о железнодорожных авариях/инцидентах в Китае в период с 2003 по 2014 год, используя структуру HFACS. Результаты показывают, что четыре ошибки с наибольшим процентом возникновения в железнодорожной системе — это «организационный процесс», «недостаточный контроль», «личная готовность» и «ошибки, основанные на навыках».

Тем не менее, элементы человеческого фактора все еще несколько ограничены и недостаточно определены, и эти управленческие и социальные проблемы внутри организации просто рассматриваются как источники сбоев в контрольных ограничениях STAMP. HFACS также классифицирует данные об авариях, а не анализирует их более подробно.

Используя категории человеческих ошибок, полученные из HFACS, и процесс структурированного систематического анализа STAMP, метод HFACS-STAMP (HS-RAs) обеспечивает механизм, с помощью которого активные отказы могут распространяться по организациям и давать системный анализ человеческих ошибок в авариях [28]. В сочетании с обработкой информации человеком метод HS-RAs дает подробный причинно-следственный анализ человеческих ошибок от получения информации до выполнения управляющих действий.

## **2. Исследования human factors для железнодорожных систем**

Далее под понятием “безопасность” будет подразумеваться функциональная безопасность (*с англ. safety*).

Безопасность на железных дорогах имеет много аспектов. Поведение одной группы, например, работников пути, может повлиять на безопасность сети в целом, а также на безопасность их самих и их коллег.

Безопасность железнодорожной эргономики связана с:

- безопасностью персонала железнодорожной компании, например, путевого рабочего, сбитого поездом;
- надежностью железнодорожного персонала, влияющая на безопасность пассажиров или другого персонала, например, водитель, совершающий SPAD (signals passed at danger - сигналы, передаваемые при опасности);
- сбоем организации, влияющий на безопасность пассажиров и персонала, например, планирование владения трассой для технического обслуживания;
- поведением населения, пользующегося железной дорогой, например пассажиров, выходящих из поезда;
- и поведением неавторизованных пользователей сети, например дети, нарушающие правила и саботирующие трассу, или самоубийства.

### **1. Бдительность и восприятие машинистов**

Существует широкая и относительно хорошо изученная область, охватывающая бдительность и восприятие машинистов поездов, их распознавание и действия по знакам и сигналам. Она включает в себя также исследования SPAD, соответствующего дизайна вывесок и систем сигнализации. Из всех тем, связанных с человеческим фактором на железнодорожном транспорте, эти, вероятно, наиболее изучены на протяжении многих лет [29, 30, 31], возможно, из-за связи с сильными исследовательскими программами, охватывающими те же темы, связанные с вождением автомобиля (более сложные исследования SPAD [32] и инструменты для определения риска SPAD при различных сигналах [33]).

С этим также связаны исследования использования устройств бдительности и напоминаний. Современные методы наблюдения, такие как движение глаз и направление взгляда, позволяют интерпретировать поведение водителей и его причины [34]. Критическая часть снижения вероятности ошибки водителей и повышения их эффективной (своевременной) работы заключается в разработке их рабочих мест и вспомогательных средств, а также в понимании и оптимизации — не слишком высокой и не слишком низкой — их рабочей нагрузки [35].

## **2. Сигналы и контроль**

Большая часть этих исследований была посвящена умственной нагрузке сигнальщиков, совсем недавно авторы [36]. Есть также вклады, связанные с информационными интерфейсами [37], командной работой и пониманием ситуации, а также опытом и компетенциями. (Следует обратить внимание, что лица, занимающиеся управлением движением поездов, в разных странах называются по-разному диспетчерами, связистами, планировщиками и диспетчерами.)

## **3. Техническое обслуживание и ремонт**

Еще одной относительно малоизученной областью человеческого фактора на железнодорожном транспорте были проверки, техническое обслуживание и ремонт. Проблемами в этой области являются оценка ошибок коммуникации при техническом обслуживании [38], культура безопасности железнодорожных рабочих, отношение к работе ( и их связь с уровнем несчастных случаев — [39], а также использование современных и персонализированных информационных технологий (ИТ) для поддержки работ по техническому обслуживанию [40].

## **4. Другие заинтересованные стороны**

В менее благоприятных обстоятельствах также необходимо понимать, как люди ведут себя в чрезвычайных ситуациях и как лучше всего помочь им

эвакуировать вагоны, когда это необходимо, поддержать их спасателей [41] и спроектировать вагоны так, чтобы снизить вероятность травм [42].

Для некоторых представителей общества их контакт с железной дорогой осуществляется посредством незаконного проникновения, вандализма и самоубийства, которые в совокупности составляют самую большую причину смертей на железной дороге [43]. Также высокую обеспокоенность и внимание к человеческому фактору вызывает область, на которой взаимодействует человек и железнодорожный транспорт, т.е. железнодорожные переезды [44].

## **5. Уровень планирования**

проводятся исследования человеческого фактора в работе планировщиков, например, при составлении расписания, организации владения (пути, для обслуживания) и для обработки в чрезвычайных ситуациях [45].

Для этого также нужны модели системного уровня, включая модели распределенного познания всей железнодорожной системы, а также взаимодействия и репрезентации человека-человека и человека-артефакта [46]. Руководящие принципы и стандарты будут все больше необходимы для того, чтобы они подходили для применения на железных дорогах и могли бы служить ориентиром для тех, кто планирует и проектирует сети завтрашнего дня [47]. Очень тесно связанный с этим общим подходом к эргономике систем, человеческий фактор на железнодорожном транспорте также дал дальнейшее развитие концепции и практике интеграции человеческого фактора в разработку систем.

## **ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ**

Область исследований human factors на железнодорожном транспорте является очень широкой. Необходимо учитывать последствия всех действий человека, взаимодействующего с системой. Существующие системы анализа железнодорожных аварий позволяют глубже исследовать причины и связанные с ними human factors, но до сих пор не охватывают полностью все факторы, связанные с человеком.

Наиболее изученными остаются области охватывающие факторы, связанные с машинистами и персоналом поездов, а также нагрузкой на сигнальщиков. Стоит отметить, что такие важные области как техническое обслуживание и ремонт до сих пор остаются малоизученными, что не снижает их важности в области обеспечения функциональной безопасности. К сожалению, обществу приходится иметь дело с авариями на железнодорожном транспорте, причиной которых может быть вмешательство в систему извне: суицидники, автомобили на железнодорожных переездах, пешеходы и т.д. Эти human factors вызывают высокую обеспокоенность как у научного, так и у коммерческого общества.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Железнодорожная система является неотъемлемым компонентом транспортной инфраструктуры. Являясь критически важным объектом, она требует повышенной степени обеспечения безопасности.

Важную роль в безопасности на железных дорогах играет человек и факторы, зависящие от него напрямую или косвенно - human factors. Человеческий фактор детализируется на всех уровнях железнодорожной системы: от планирования перевозок до людей, не участвующих в железнодорожном движении.

В каждом цикле использования железных дорог участвует несколько заинтересованных сторон, влияние которых следует учитывать: пассажиры, сотрудничающие с персоналом станции при покупке билета и выяснении местонахождения поезда, с попутчиками при посадке, поиске места и завершении поездки, а также с операторами поездов. Каждое движение поезда включает планировщиков, устанавливающих маршруты и расписание, водителей, реагирующих соответствующим образом на маршрут, установленный сигнальщиками, контролеров и сигнальщиков, разрабатывающих альтернативные планы в случае возникновения помех, бизнес-менеджеров, согласовывающих обязанности в случае возникновения проблем. Каждая работа по техническому обслуживанию включает в себя

группу путевых рабочих, которые сотрудничают вместе, координируются лицом, ответственным за владение, инженером-супервайзером и контролерами безопасности на площадке, а также поддерживают связь со связистами и машинистами поездов (инженерные, пассажирские, грузовые).

Обширные исследования и разработанные модели исследования и моделирования железнодорожных исследований пока что не дают полной картины для создания безопасной эргономики железнодорожной системы. По-прежнему необходимы новые знания и исследования для поддержания процессов проектирования, внедрения, эксплуатации и управления системами.

Это подтверждает важность исследования влияния human factors на безопасность движения на железных дорогах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Krokos K.J., Baker D.P. Preface to the special section on classifying and understanding human error // Human Factors. 2007. V. 49 (2). P. 175–177.
2. Evans AW (2011) Fatal train accidents on Europe's railways: 1980–2009. Accident Analysis Prev 43(1):391–401
3. Dekker S, Cilliers P, Hofmeyr JH (2011) The complexity of failure: implications of complexity theory for safety investigations. Saf Sci 49(6):939–945
4. Leveson NG, Stephanopoulos GA (2014) System-theoretic, control-inspired view and approach to process safety. AIChE J 60(1):2–14
5. Vanderhaegen F (2017) Towards increased systems resilience: new challenges based on dissonance control for human reliability in cyber-physical & human systems. Annual Rev Control 44:316–322
6. Vanderhaegen F, Carsten O (2017) Can dissonance engineering improve risk analysis of human–machine systems? CognTechnol Work 19(1):1–12
7. Cacciabue P.C. Human error risk management methodology for safety audit of a large railway organisation. J. Wilson, B. Norris, S. Clarke, A. Mills (Eds.). Rail Human Factors: Supporting the Integrated Railway, Ashgate Publishing Limited, Cornwall, 2005.
8. Wilson JR, Norris BJ (2005) Rail human factors: past, present and future. ApplErgono 36(6):649–660
9. Gallez, C., Motte-Baumvol, B. Inclusive mobility or inclusive accessibility? A European perspective. Cuadernos Europeos de Deusto, 2017, Governing Mobility in Europe: Interdisciplinary Perspectives, pp.79–104.
10. Habibovic A, Andersson J, Englund C. Automated vehicles: the opportunity to create an inclusive mobility system. Automotive World, 27 March 2019.
11. A Hudoklin, V Rozman. Reliability of railway traffic personnel. Reliab Eng Syst Saf, 52 (2) (1996), pp. 165-169

12. F. Vanderhaegen. A non probabilistic prospective and retrospective HRA method—application to railway system. *Reliab Eng Syst Saf*, 71 (2001) (2001), pp. 1-13
13. RL Boring, CD Griffith, JC Joe. The measure of human error: direct and indirect performance shaping factors. Joint eighth IEEE conference on human factors and power plants/thirteenth conference on human performance, root cause and trending (IEEE HFPP & HPRCT), Idaho National Laboratory (2007)
14. B Subotic, WY Ochieng, O Straeter. Recovery from equipment failures in ATC: determination of contextual factors. *Reliab Eng Syst Saf*, 92 (7) (2007), pp. 858-870
15. RL Boring, CD Griffith, JC Joe. The measure of human error: direct and indirect performance shaping factors. Joint eighth IEEE conference on human factors and power plants/thirteenth conference on human performance, root cause and trending (IEEE HFPP & HPRCT), Idaho National Laboratory (2007), c. 170
16. Rosmuller N., Beroggi GEG. Group decision making in infrastructure safety planning // *Saf Sci*. 2004. V. 42(4). P. 325–349.
17. Slamen A., Schock A., Ryan B., Wilson J.R. Human factors analysis of the work of the engineering supervisor. Restricted report of Network Rail, London, 2004.
18. Hale A.R., Heijer T., Koornneef F. Management of safety roles: the case of railways // In: *Proceedings of the Third International Symposium on Safety and Hygiene*, Porto, Portugal, March 2003.
19. Slamen A., Coleman N. The application of ergonomics to standards development for VDU based signalling control systems. In: Wilson JR, Norris BJ, Clarke T, Mills A (eds) *Rail human factors: supporting the integrated railway*. Ashgate Publishing (2005), London, P. 239–250.
20. Bourne A., Carey M. Integrating human factors into the development of railway systems *People in Control: The Second International Conference on Human Interfaces in Control Rooms, Cockpits and Command Centres*,



- Manchester, 19–21 June 2001. The Institution of Electrical Engineers, London, P. 25–30
21. Wilson JR, Norris BJ, Clarke T, Mills A (eds) (2005a) Rail human factors: supporting the integrated railway. Ashgate Publishing, London
  22. N. Leveson. A new accident model for engineering safer systems. *Saf. Sci.*, 42 (4) (2004), pp. 237-270
  23. D. Harris, W.C. Li. An extension of the human factors analysis and classification system for use in open systems. *Theor. Issues Ergon. Sci.*, 12 (2) (2011), pp. 108-128
  24. A. Dong. Application of CAST and STPA to Railroad Safety in China. Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology (2012)
  25. J. Reason. Human Error. Cambridge University Press, New York (1990)
  26. S.A. Shappell, D.A. Wiegmann. The Human Factors Analysis and Classification System – HFACS. Federal Aviation Administration Technical Report No. DOT/FAA/AM-00/7. National Technical Information Service, N Springfield (2000)
  27. Jian-Lan Zhou, Yi Lei. Paths between latent and active errors: Analysis of 407 railway accidents/incidents' causes in China. *Safety Science*. Volume 110, Part B, 2018. Pages 47-58
  28. Chenling Li, Tao Tang, Maria Mikela Chatzimichailidou, Gyuchan Thomas Jun, Patrick Waterson. A hybrid human and organisational analysis method for railway accidents based on STAMP-HFACS and human information processing. *Applied Ergonomics*. Volume 79. 2019. Pages 122-142
  29. Branton R (1979) Investigations into the skills of train driving. *Ergonomics* 22:155–164
  30. McDonald WA, Hoffman ER (1991) Drivers' awareness of traffic sign information. *Ergonomics* 34:585–612
  31. Collis L, Schmid F (2001) Human-centred design for railway applications. In: Noyes J, Bransby M (eds) *People in control*. The Institution of Electrical Engineers, London, pp 273–291

32. Pasquini A, Rizzo A, Save L (2004) A methodology for the analysis of SPAD. *Saf Sci* 42(5):437–455
33. Lowe E, Turner C (2005) A human factors SPAD checklist. In: Wilson JR, Norris BJ, Clarke T, Mills A (eds) *Rail human factors: supporting the integrated railway*. Ashgate Publishing, London pp 182–188
34. Merat N, Mills A, Bradshaw M et al (2002) Allocation of attention among train drivers. In: McCabe PT (ed) *Contemporary ergonomics 2002*. Taylor & Francis, London, pp 185–190
35. Holywell P (2005) ORAM: a structured method for integrating human factors into SPAD risk assessment. In: Wilson JR, Norris BJ, Clarke T, Mills A (eds) *Rail human factors: supporting the integrated railway*. Ashgate Publishing, London pp 189–200
36. Pickup L, Wilson JR, Sharples S, Norris B, Clarke T, Young MS (2005a) Fundamental examinations of mental workload in the rail industry. *Theor Issues Ergon Sci* 6(6):463–482
37. Jorna R, van Wezel W, Kiewiet DJ, de Boer T (2005) Analysis and support of planning in the Dutch Railroad Company. In: Wilson JR, Norris BJ, Clarke T, Mills A (eds) *Rail human factors: supporting the integrated railway*. Ashgate Publishing, London, pp 285–295
38. Gibson WH, Megaw ED, Young MS, Lowe E (2005) The analysis of human communication errors during track maintenance. In: Wilson JR, Norris BJ, Clarke T, Mills A (eds) *Rail human factors: supporting the integrated railway*. Ashgate Publishing, London, pp 373–382
39. Itoh K, Andersen HB, Seki M (2004) Track maintenance train operators' attitudes to job, organisation and management, and their correlation with accident/incident rate. *Cogn Technol Work* 6(2):63–78
40. Sheridan TB, Masquelier T, Hutchings C (2001) Safety enhancement by PDA: two novel examples. In: Johannsen G (ed) *Analysis, design and evaluation of human–machine systems*. Pergamon Press, Oxford, pp 259–263

41. Boer LC (2005) Getting passengers out—evacuation behaviours. In: Wilson JR, Norris BJ, Clarke T, Mills A (eds) Rail human factors: supporting the integrated railway. Ashgate Publishing, London, pp 412–472
42. Ilkjaer LB, Lind T (2001) Passengers' injuries reflected carriage interior at the railway accident in Mundelstrup, Denmark. *Accid Anal Prev* 33(2):286–288
43. Lobb B, Harre N, Suddendorf T (2001) An evaluation of a suburban railway pedestrian crossing safety programme. *Accid Anal Prev* 33(2):157–165
44. Cairney P (2003) Prospects of improving the conspicuity of trains at passive railway crossings, Australian Transport Safety Bureau, Civic Square, ACT, Report No. CR 217
45. Rosmuller N, Beroggi GEG (2004) Group decision making in infrastructure safety planning. *Saf Sci* 42(4):325–349
46. Hale AR, Heijer T, Koornneef F (2003) Management of safety roles: the case of railways. In: Proceedings of the Third International Symposium on Safety and Hygiene, Porto, Portugal, March 2003
47. Slamen A, Coleman N (2005) The application of ergonomics to standards development for VDU based signalling control systems. In: Wilson JR, Norris BJ, Clarke T, Mills A (eds) Rail human factors: supporting the integrated railway. Ashgate Publishing, London, pp 239–250