

Использование автоматизированной системы для сбора данных при исследовании динамики уровня субъективной сонливости

В. А. Демарева, В. В. Вяхирева, И. О. Зайцева, М. В. Жукова

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

valeriia.demareva@fsn.unn.ru, irozy@yandex.ru, vvv@fsn.unn.ru,
zhukova@fsn.unn.ru

Аннотация

Применение информационных систем для сбора данных в процессе проведения психологических исследований даёт дополнительные возможности по организации эксперимента в среде, приближенной к естественным условиям. Это позволяет произвести максимально точные измерения при создании технологий мониторинга состояния человека в различных контекстах. Целью исследования была апробация автоматизированной системы для сбора данных при исследовании динамики уровня субъективной сонливости.

Была создана автоматизированная система сбора и обработки данных. В исследовании поучаствовали 225 человек. Каждый до эксперимента был проинструктирован, получал доступ к системе и дальше самостоятельно проходил эксперимент, находясь у себя дома. Испытуемым необходимо было внести данные о себе, а затем, начиная с 20 часов до отправления спать каждые полчаса заполнять предложенные опросники, фиксирующие уровень сонливости. Последний раз уровень сонливости отмечался после просыпания в 6 часов утра.

Результаты исследования свидетельствуют о возможности применения автоматизированных систем для оценки динамики субъективной сонливости без потери качества данных. Так, выявленные закономерности согласуются с результатами похожих исследований, проведённых без применения автоматизированных систем.

Ключевые слова: автоматизированная система, сонливость, динамика, состояние, анкета

Библиографическая ссылка: Демарва В. А., Вяхирева В. В., Зайцева И. О., Жукова М. В. Использование автоматизированной системы для сбора данных при исследовании динамики уровня субъективной сонливости // Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего. Выпуск 7 (Труды XXVI Международной объединенной научной конференции «Интернет и современное общество», IMS-2023, Санкт-Петербург, 26–28 июня 2023 г. Сборник научных статей). — СПб.: Университет ИТМО, 2024. С. 247–255. DOI: 10.17586/2587-8557-2024-7-247-255

1. Введение

С усложнением техногенной среды все более актуальной становится разработка систем мониторинга состояния человека, управляющего процессами повышенной опасности. Под бдительностью, необходимой для качественного выполнения задач в таких условиях, понимают континуум физиологических состояний от активной бдительности (или бодрости) до сонливости [1]. Для создания автоматизированных систем, предупреждающих наступление состояния сонливости, необходимо выделение из набора данных о человеке

соответствующих признаков на раннем этапе. При этом основная сложность состоит в нахождении баланса между точностью детекции этих признаков и удобством практического применения технологии [2]: при недостаточной точности существует проблема пропуска значимых признаков или ложные срабатывания, а специализированное оборудование для сбора данных, призванное решить эту проблему, бывает настолько сложным в применении на практике, что само становится фактором, отвлекающим человека от его основной деятельности [3].

Так, в лабораторных условиях обнаружить сонливость нетрудно, например, с помощью ЭЭГ. Под сонливостью понимают естественную биологическую функцию, которая определяется вероятностью засыпания [4], она отличается от усталости или утомления [5]. В цифровом виде её можно отобразить как скорость, с которой человек засыпает, то есть переходит от альфа-активности ЭЭГ (8-12 Гц) и расслабленного состояния бодрствования до тета-активности (4-8 Гц) и первой стадии сна [6]. Субъективная сонливость отражается в повышенном уровне мощности в альфа- и тета-диапазонах при открытых глазах [7]. Однако основная претензия к технологиям детекции сонливости сводится к тому, что разработка происходит в контролируемых искусственно созданных условиях, а потому приводит к сложностям при применении в реальной жизни: например, невозможно поставить весь лабораторный арсенал высокоточного оборудования для сбора данных о человеке в кабину самолёта. Мы пришли к выводу, что для создания технологии контроля сонливости необходимо сначала найти универсальные метрики, которые бы говорили о приближении сна, и только потом на их основе создавать систему под конкретную задачу с применением минимально необходимых для выполнения цели ресурсов.

Значительная часть исследований, касающихся уровней бдительности и разработки технологий мониторинга сонливости, связана с фиксацией состояния человека во время вождения в разных контекстах [8, 9, 10, 11, 12]. Помимо методов, связанных со сбором физиологических данных, в подобных экспериментах незаменимы ставшие уже классическими шкалы для оценки уровня субъективной сонливости: Каролинская и Стэнфордская шкалы сонливости (KSS и SSS). Их применяют для широкого круга задач: собственно сонливости [8, 13, 14], влияния сонливости на когнитивные способности [15], влияния различных веществ на сонливость [16; 17].

Данное исследование состоит из двух — с одной стороны, мы проводили исследование сонливости, с другой стороны — проверяли возможность разработки и введения автоматизированных систем в исследовательскую практику.

Классические исследования сна предполагают приглашение респондентов в специально оборудованную лабораторию, чтобы создать одинаковые условия для всех участников эксперимента [18], при исследовании сна людей, работающих посменно, таким же образом моделируют условия трудовой смены [19]. Однако такой эксперимент не удовлетворяет требованиям максимального приближения к естественным условиям засыпания. Это ограничение поводом для разработки системы, и к ней были выдвинуты следующие требования:

- естественные условия проведения эксперимента — максимальное приближения к естественным условиям засыпания;
- автономность от экспериментатора;
- автоматический контроль за ходом выполнения этапов исследования;
- гибкость — потенциальная возможность введения в процесс дополнительных средств измерения (например, кардиодатчика, снимающего данные о ритме сердца в процессе засыпания).

Гипотезой эксперимента, на примере которого тестировалась система, была такова: уровень субъективной сонливости будет расти от вечернего к ночному времени, при этом ее динамика будет связана с разными характеристиками испытуемого.

Однако, в рамках данной статьи важна ещё одна гипотеза, а именно, что применение автоматизированных систем для сбора данных не ухудшает качество данных и повышает

эффективность исследования динамики уровня субъективной сонливости. Под эффективностью мы подразумеваем такие параметры как:

- испытуемые правильно выполняют все этапы исследования, например, оценивают уровень сонливости каждые 30 минут без пропусков и задержек;
- экспериментатор получает информацию, когда человек лёг спать, так как этот пункт можно сделать обязательным для заполнения в системе.

Таким образом, целью исследования была апробация автоматизированной системы для сбора данных при исследовании динамики уровня субъективной сонливости.

2. Материалы и методы

2.1. Автоматизированная система для сбора данных

Для сбора и обработки данных была разработана автоматизированная система (далее — Система) (<https://unncyberpsy.ru/>). Система представляет собой веб-сервис (веб-приложение), реализованный на языке программирования PHP — на базе современного микрофреймворка «CodeIgniter» (версия 4). В качестве инструмента для хранения данных была выбрана СУБД MariaDB.

Система предоставляет несколько важных функциональных возможностей.

При переходе испытуемого по ссылке в Систему: возможность выбрать для себя удобное время для прохождения тестирования, получения и сдачи кардиодатчика. Система учитывает все существующие записи на получение и сдачу датчиков (с учётом количества доступных датчиков), и позволяет испытуемому записаться только на свободные даты, когда датчик будет доступен для получения.

При наличии личного кабинета для испытуемого: прохождение им всех этапов тестирования и запись результатов в режиме онлайн. Все этапы строго запрограммированы на основе условий, необходимых для корректного прохождения полного цикла тестирования. Все этапы выполняются последовательно, пока не пройден текущий этап, следующий не станет доступным для прохождения. В циклических тестах (KSS и SSS) система автоматически блокирует возможность повторного прохождения, пока не пройдёт заданное количество времени.

Для администратора Системы: возможность выгрузки результатов тестирования пользователей в формате CSV для дальнейшего анализа и обработки. Отдельно реализована возможность выгрузки результатов только по тесту «Шкала сонливости Эпворта» (ESS).

Таким образом, можно выделить три основных этапа работы Системы (см. табл.).

Таблица. Описание этапов работы с Системой

	Этап 1	Этап 2	Этап 3
Субъект	Экспериментатор (администратор Системы)	Экспериментатор (администратор Системы)	Экспериментатор (администратор Системы)
	Испытуемый без учётной записи	Испытуемый с учётной записью	
Цель	Выбор испытуемым в Системе даты и времени прихода в лабораторию для получения инструкций и оборудования	Создание администратором учётной записи для испытуемого	Доступ к результатам Этапа 2 по всем испытуемым
		Заполнение испытуемым информации о себе и прохождение методик в Системе	
Результат	Испытуемый и экспериментатор знают время встречи	Результаты испытуемого преобразовываются в Системе и сохраняются для его учётной записи	Результаты по всем испытуемым загружены на ПК для дальнейшей обработки

2.2. Дизайн эксперимента

Дизайн эксперимента выглядел следующим образом.

В 19:40 испытуемые надевали датчик сердечного ритма и подключали его к приложению.

В 19:50 испытуемые заходили в Систему в свою учётную запись и заполняли личные данные. Поля были следующими:

- Пол, возраст, рост и вес;
- Наличие хронических заболеваний. Если да, то какие?
- Регулярно ли вы водите автомобиль?
- Если да, то каков ваш водительский стаж?
- Сколько чашек кофе вы обычно выпиваете в день?
- Сколько чашек кофе вы выпили сегодня?
- Курите ли вы?
- Как давно вы курите?
- Классифицируете ли вы себя как:
 - сова;
 - жаворонок;
 - затрудняюсь ответить.
- Во сколько вы обычно встаёте в будние дни?
- Во сколько вы обычно встаёте по выходным?
- Во сколько вы обычно ложитесь спать в будние дни?
- Во сколько вы обычно ложитесь спать по выходным?
- Соответствует ли ваш режим сна вашим текущим потребностям в отдыхе?
- Есть ли у вас проблемы со сном? Если да, опишите.

В 20:00 испытуемые заполняли опросники ESS, SSS и KSS. После этого участники были проинструктированы, когда им нужно снова пройти SSS и KSS (через 30 минут после текущего заполнения SSS и KSS). Таким образом, SSS и KSS были циклическими (период = 30 минут). Цикл прерывался, когда участники указывали в информационной системе, что они легли спать. Они также указывали конкретное время, которое в дальнейшем могло быть использовано в анализе.

В 06:00 испытуемые выполняли: KSS и SSS, опросник Левина для оценки субъективных характеристик сна; необязательное поле о своих сновидениях.

После этого приложение для регистрации ритма сердца выключалось.

2.3. Выборка

Общая выборка исследования составила 225 человек. Каждый из них прошёл Этапы 1-2 по взаимодействию с Системой. В итоге экспериментатор на Этапе 3 имел возможность выгрузить результаты по всем испытуемым.

В рамках данной статьи представлены результаты по 156 испытуемым, которые заполнили SSS и KSS с 20:00 до 22:00 и легли спать позже 22:15. Такой выбор был обусловлен стремлением проанализировать динамику вечерней сонливости как минимум по пяти временным точкам (20:00, 20:30, 21:00, 21:30 и 22:00) и сопоставить её с субъективной сонливостью утром (в 06:00).

2.4. Анализ данных

Для оценки отличий в баллах SSS и KSS между разными временными этапами использовался критерий Стьюдента для зависимых выборок. Для оценки связи баллов SSS и KSS на разных временных этапах использовался критерий корреляции Пирсона. Для оценки влияния разных факторов на баллы KSS и SSS использовался многофакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями.

3. Результаты и их обсуждение

При анализе результатов исследования было выявлено, что 100% испытуемых вовремя заполняли все этапы эксперимента. Действительно, они оценивали уровень сонливости каждые 30 минут без пропусков и задержек. 100% испытуемых указали время, когда они легли спать, что будет учтено в последующем анализе результатов по ритму сердца (это является темой будущей статьи). Следовательно, гипотеза об эффективности применения автоматизированной системы подтвердилась.

Анализ влияния времени на субъективную сонливость показал, что фактор времени влияет и на баллы по KSS ($F = 86,5$, $p < 0,001$), и на баллы по SSS ($F = 95,9$, $p < 0,001$). При этом сонливость увеличивалась с 20:00 до 22:00, а в 06:00 также имела высокие значения, что свидетельствовало о наличии её динамики по SSS и KSS. Наши результаты согласуются с данными других исследований, где так же подтвердилось увеличение сонливости с вечернего до ночного времени [12; 15]. Таким образом, данные, собранные с использованием автоматизированной системы, не противоречат данным, собранным иным способом. Полученные результаты подтверждают выдвинутую гипотезу о том, что уровень субъективной сонливости будет расти от вечернего к ночному времени. В нашем исследовании баллы по обоим шкалам оценки сонливости были тесно связаны на каждом временном этапе ($p < 0,001$), что подтверждает согласованность SSS и KSS. Следовательно, баллы по двум валидным шкалам на оценку сонливости не отличаются между собой при использовании автоматизированной системы.

Выявлено совместное влияние возрастного этапа (до 25 лет, 25–35 лет, более 35 лет) и времени на баллы по KSS ($F = 3,71$, $p < 0,01$), а также влияние пола на баллы по SSS ($F = 5,5$, $p < 0,05$). ИМТ (недовес, нормальный вес, перевес/ожирение), пол и ежедневное количество выпиваемых чашек кофе (0, 1, более двух) влияет в целом на баллы по KSS ($F = 2,45$, $p < 0,05$). Самостоятельного влияния фактора ИМТ выявлено не было ни с учётом временного этапа, ни для каждого этапа в отдельности. Самостоятельное влияние возраста на субъективную сонливость отмечено для этапа 20:00 по SSS ($F = 5,07$, $p < 0,01$) и KSS ($F = 3,67$, $p < 0,05$), что могло свидетельствовать о разных режимах «сон-бодрствование» у добровольцев разных возрастных групп. Самостоятельное влияние фактора количества обычно выпиваемых чашек кофе в день на субъективную сонливость выявлено только для SSS для временных этапов 21:30 ($F = 3,13$, $p < 0,05$) и 22:00 ($F = 3,48$, $p < 0,05$): сонливость меньше у тех, кто вообще не пьёт кофе. В то же время количество выпитых чашек кофе в день эксперимента никак не было связано с субъективной сонливостью.

Интересно заметить, что влияние кофе на субъективную сонливость было в нашем исследовании весьма неоднородным. Так, количество чашек кофе, выпитых в день эксперимента, не оказало влияния на субъективную сонливость респондентов, а вот ежедневное количество выпиваемых чашек кофе влияло на уровень сонливости поздним вечером. Это согласуется с данными о неоднозначном действии кофеина. Утверждается, что кофеин уменьшает субъективную сонливость, пока организм не привык [20]. Субъективное качество сна хуже у людей, которые регулярно употребляют больше 8 чашек кофе в день [21], поскольку кофеин, блокируя аденозиновый нейромодулятор и рецепторную систему, вносит изменения в систему регуляции сна и бодрствования, а у уязвимых людей ухудшает ночной сон, причём величина этого влияния обусловлена индивидуальными признаками [22].

Таким образом, динамика субъективной сонливости нелинейно связана с такими характеристиками испытуемого, как ИМТ, пол, возраст и употребление кофе. Это подтверждает гипотезу о том, что динамика субъективной сонливости будет связана с характеристиками самого испытуемого.

4. Выводы

Автоматизированная система для сбора данных при исследовании динамики уровня субъективной сонливости или аналогичных систем может быть использована в экспериментах без потери качества сбора экспериментальных данных. Такая система позволяет расширить сферу применения проверенных шкал, выводит их из стен лаборатории в реальные условия.

Уровень субъективной сонливости увеличивается от вечернего к ночному времени, при этом ее динамика нелинейно связана с такими характеристиками испытуемого, как ИМТ, пол, возраст и употребление кофе.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 22-28-20509 «Детектор сонливости по сердечному ритму» (<https://rscf.ru/project/22-28-20509/>).

Литература

- [1] Duta M. et al. Neural network analysis of the mastoid EEG for the assessment of vigilance // *International Journal of Human-Computer Interaction*. 2004. Vol. 17. No. 2. P. 171-195.
- [2] Albadawi Y., Takruri M., Awad M. A Review of Recent Developments in Driver Drowsiness Detection Systems // *Sensors*. 2022. No. 22. 2069. DOI: 10.3390/s22052069.
- [3] Frank A. D., Rodgers W. P., Talebi E., Lee S. The Experience and Management of Fatigue: A Study of Mine Haulage Operators // *Society for Mining, Metallurgy & Exploration*. 2020. Vol. 37. P. 1837-1846. DOI: 10.1007/s42461-020-00259-w.
- [4] Bendaoud I., Etindele Sosso F.A. Socioeconomic Position and Excessive Daytime Sleepiness: A Systematic Review of Social Epidemiological Studies // *Clocks & Sleep*. 2022. Vol. 4. P. 240-259. DOI: 10.3390/clockssleep4020022.
- [5] Yu Y.-K., Yao Z.-Y., Wei Y.-X., Kou C.-G., Yao B., Sun W.-J., Li S.-Y., Fung K., Jia C.-X. Depressive Symptoms as a Mediator between Excessive Daytime Sleepiness and Suicidal Ideation among Chinese College Students // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022. Vol. 19. Art. 16334.
- [6] Dement W. C., Carskadon M. A. Current perspectives on daytime sleepiness: the issues // *Sleep*. 1982. Vol 5. P. 56-66.
- [7] Akerstedt T., Gillberg M. Subjective and objective sleepiness in the active individual // *International Journal of Neuroscience*. 1990. Vol. 52. P. 29–37. DOI: 10.3109/00207459008994241.
- [8] Wang Y., Xin M., Bai H., Zhao Y. Can variations in visual behavior measures be good predictors of driver sleepiness? A real driving test study // *Traffic injury prevention*. 2017. Vol. 18. No. 2. P. 132-138. DOI: 10.1080/15389588.2016.1203425.
- [9] Gaspa J. G., Brown T. L., Schwarz C. W., Lee J. D., Kang J., Higgins J. S. Evaluating driver drowsiness countermeasures // *Traffic injury prevention*. 2017. Vol. 18 (sup1). P. S58-S63. DOI: 10.1080/15389588.2017.1303140.
- [10] He J., Choi W., Yang Y., Lu J., Wu X., Peng K. Detection of driver drowsiness using wearable devices: A feasibility study of the proximity sensor // *Applied ergonomics*. 2017. Vol. 65. P. 473-480. DOI: 10.1016/j.apergo.2017.02.016.
- [11] Li R., Chen Y. V., Zhang L. A method for fatigue detection based on Driver's steering wheel grip // *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2021. Vol. 82. Art. 103083. DOI: 10.1016/j.ergon.2021.103083.
- [12] Smith S. S., Horswill M. S., Chambers B., Wetton M. Hazard perception in novice and experienced drivers: the effects of sleepiness // *Accid Anal Prev*. 2009. Vol. 41. No. 4. P. 729–733. DOI: 10.1016/j.aap.2009.03.016.
- [13] Kim H., Young T. Subjective daytime sleepiness: dimensions and correlates in the general population // *Sleep*. 2005. Vol. 28. No. 5. P. 625-634. DOI: 10.1093/SLEEP/28.5.625.

- [14] Short M., Lack L., Wright H. Does subjective sleepiness predict objective sleep propensity? // *Sleep*. 2010. Vol. 33. No. 1. P. 123-129. DOI: 10.1093/sleep/33.1.123.
- [15] Abrahamsen A., Weihe P., Debes F., van Leeuwen W.M. Sleep, sleepiness, and fatigue on board Faroese fishing vessels // *Nature and science of sleep*. 2022. Vol. 14. 347. DOI: 10.2147/NSS.S342410.
- [16] De Valck E., De Groot E., Cluydts R. Effects of slow-release caffeine and a nap on driving simulator performance after partial sleep deprivation // *Perceptual and motor skills*. 2003. Vol. 96. No. 1. P. 67-78. DOI: 10.2466/pms.2003.96.1.67.
- [17] Hansen D. A., Ramakrishnan S., Satterfield B. C., Wesensten N. J., Layton M. E., Reifman J., Van Dongen, H. Randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study of the effects of repeated-dose caffeine on neurobehavioral performance during 48 h of total sleep deprivation // *Psychopharmacology*. 2019. Vol. 236. No. 4. P. 1313-1322. DOI: 10.1007/s00213-018-5140-0.
- [18] Rabat A., Gomez-Merino D., Roca-Paixao L., Bougard C., Van Beers P., Dispersyn G., Chennaoui M. Differential kinetics in alteration and recovery of cognitive processes from a chronic sleep restriction in young healthy men // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2016. Vol. 10. 95. DOI: 10.3389/fnbeh.2016.00095.
- [19] Chandrakumar D., Dorrian J., Banks S., Keage H. A., Coussens S., Gupta C., Centofanti S. A., Stepien J. M., Loetscher T. The relationship between alertness and spatial attention under simulated shiftwork // *Scientific reports*. 2020. Vol. 10. No. 1. P. 1-12. DOI: 10.1038/s41598-020-71800-6.
- [20] Reichert C. F., Deboer T., Landolt H.-P. Adenosine, caffeine, and sleep-wake regulation: state of the science and perspectives // *Journal of Sleep Research*. 2022. Vol. 31. No. 4. Art. e13597. DOI: 10.1111/jsr.13597.
- [21] Sanchez-Ortuno M., Moore N., Taillard J., Valtat C., Leger D., Bioulac B., Philip P. Sleep duration and caffeine consumption in a French middle-aged working population // *Sleep Medicine*. 2005. Vol. 6. No. 3. P. 247-251. DOI: 10.1016/j.sleep.2004.10.005.
- [22] Clark I., Landolt H. P. Coffee, caffeine, and sleep: A systematic review of epidemiological studies and randomized controlled trials // *Sleep Medicine Reviews*. 2017. Vol. 31. P. 70-78. DOI: 10.1016/j.smrv.2016.01.006.

Using an Automated System for Data Collection in the Study of the Dynamics of Subjective Sleepiness

V. A. Demareva, V. V. Viakhireva, I. O. Zayceva, M. V. Zhukova

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Application of information systems for data collection in the process of psychological research provides additional possibilities for organizing an experiment in an environment close to natural conditions. It allows making the most exact measurements at creation of technologies of human condition monitoring in various contexts. The purpose of the study was to test an automated system for data collection in the study of the dynamics of the level of subjective sleepiness.

An automated system for data collection and processing was created. A total of 225 people participated in the study. Each person was instructed prior to the experiment, accessed the system, and then went through the experiment independently at home. The subjects had to enter data about themselves, and then, from 8 p.m. until they went to bed every half hour to fill out a questionnaire recording the level of sleepiness. The last time the level of sleepiness was noted after waking up at 6 am.

The results of the study indicate the possibility of using automated systems to assess the dynamics of subjective sleepiness without loss of data quality. Thus, the identified patterns are consistent with the results of similar studies conducted without the use of automated systems.

Keywords: automated system, sleepiness, dynamics, condition, questionnaire

Reference for citation: Demareva V. A., Viakhireva V. V., Zayceva I. O., Zhukova M. V. Using an Automated System for Data Collection in the Study of the Dynamics of Subjective Sleepiness // Information Society: Education, Science, Culture and Technology of Future. Vol. 7 (Proceedings of the XXVI International Joint Scientific Conference «Internet and Modern Society», IMS-2023, St. Petersburg, June 26–28, 2023). — St. Petersburg: ITMO University, 2024. P. 247–255. DOI: 10.17586/2587-8557-2024-7-247-255

Reference

- [1] Duta M. et al. Neural network analysis of the mastoid EEG for the assessment of vigilance // International Journal of Human-Computer Interaction. 2004. Vol. 17. No. 2. P. 171-195.
- [2] Albadawi Y., Takruri M., Awad M. A Review of Recent Developments in Driver Drowsiness Detection Systems // Sensors. 2022. No. 22. 2069. DOI: 10.3390/s22052069.
- [3] Frank A.D., Rodgers W.P., Talebi E., Lee S. The Experience and Management of Fatigue: A Study of Mine Haulage Operators // Society for Mining, Metallurgy & Exploration. 2020. Vol. 37. P. 1837-1846. DOI: 10.1007/s42461-020-00259-w.
- [4] Bendaoud I., Etindele Soso F.A. Socioeconomic Position and Excessive Daytime Sleepiness: A Systematic Review of Social Epidemiological Studies // Clocks & Sleep. 2022. Vol. 4. P. 240-259. DOI: 10.3390/clockssleep4020022.
- [5] Yu Y.-K., Yao Z.-Y., Wei Y.-X., Kou C.-G., Yao B., Sun W.-J., Li S.-Y., Fung K., Jia C.-X. Depressive Symptoms as a Mediator between Excessive Daytime Sleepiness and Suicidal Ideation among Chinese College Students // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022. Vol. 19. 16334.
- [6] Dement W.C., Carskadon M.A. Current perspectives on daytime sleepiness: the issues // Sleep. 1982. Vol 5. P. 56-66.
- [7] Akerstedt T., Gillberg M. Subjective and objective sleepiness in the active individual // International Journal of Neuroscience. 1990. Vol. 52. P. 29–37. DOI: 10.3109/00207459008994241.
- [8] Wang Y., Xin M., Bai H., Zhao Y. Can variations in visual behavior measures be good predictors of driver sleepiness? A real driving test study // Traffic injury prevention. 2017. Vol. 18. No. 2. P. 132-138. DOI: 10.1080/15389588.2016.1203425.
- [9] Gaspa J.G., Brown T.L., Schwarz C.W., Lee J.D., Kang J., Higgins J.S. Evaluating driver drowsiness countermeasures // Traffic injury prevention. 2017. Vol. 18 (sup1). P. S58-S63. DOI: 10.1080/15389588.2017.1303140.
- [10] He J., Choi W., Yang Y., Lu J., Wu X., Peng K. Detection of driver drowsiness using wearable devices: A feasibility study of the proximity sensor // Applied ergonomics. 2017. Vol. 65. P. 473-480. DOI: 10.1016/j.apergo.2017.02.016.
- [11] Li R., Chen Y.V., Zhang L.A method for fatigue detection based on Driver's steering wheel grip // International Journal of Industrial Ergonomics. 2021. Vol. 82. 103083. DOI: 10.1016/j.ergon.2021.103083.
- [12] Smith S.S., Horswill M.S., Chambers B., Wetton M. Hazard perception in novice and experienced drivers: the effects of sleepiness // Accid Anal Prev. 2009. Vol. 41. No. 4. P. 729–733. DOI: 10.1016/j.aap.2009.03.016.
- [13] Kim H., Young T. Subjective daytime sleepiness: dimensions and correlates in the general population // Sleep. 2005. Vol. 28. No. 5. P. 625-634. DOI: 10.1093/SLEEP/28.5.625.
- [14] Short M., Lack L., Wright H. Does subjective sleepiness predict objective sleep propensity? // Sleep. 2010. Vol. 33. No. 1. P. 123-129. DOI: 10.1093/sleep/33.1.123.
- [15] Abrahamsen A., Weihe P., Debes F., van Leeuwen W.M. Sleep, sleepiness, and fatigue on board Faroese fishing vessels // Nature and science of sleep. 2022. Vol. 14. 347. DOI: 10.2147/NSS.S342410.

- [16] De Valck E., De Groot E., Cluydts R. Effects of slow-release caffeine and a nap on driving simulator performance after partial sleep deprivation // *Perceptual and motor skills*. 2003. Vol. 96. No. 1. P. 67-78. DOI: 10.2466/pms.2003.96.1.67.
- [17] Hansen D.A., Ramakrishnan S., Satterfield B.C., Wesensten N.J., Layton M.E., Reifman J., Van Dongen, H. Randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study of the effects of repeated-dose caffeine on neurobehavioral performance during 48 h of total sleep deprivation // *Psychopharmacology*. 2019. Vol. 236. No. 4. P. 1313-1322. DOI: 10.1007/s00213-018-5140-0.
- [18] Rabat A., Gomez-Merino D., Roca-Paixao L., Bougard C., Van Beers P., Dispersyn G., Chennaoui M. Differential kinetics in alteration and recovery of cognitive processes from a chronic sleep restriction in young healthy men // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2016. Vol. 10. 95. DOI: 10.3389/fnbeh.2016.00095.
- [19] Chandrakumar D., Dorrian J., Banks S., Keage H.A., Coussens S., Gupta C., Centofanti S.A., Stepien J.M., Loetscher T. The relationship between alertness and spatial attention under simulated shiftwork // *Scientific reports*. 2020. Vol. 10. No. 1. P. 1-12. DOI: 10.1038/s41598-020-71800-6.
- [20] Reichert C.F., Deboer T., Landolt H.-P. Adenosine, caffeine, and sleep-wake regulation: state of the science and perspectives // *Journal of Sleep Research*. 2022. Vol. 31. No. 4. e13597. DOI: 10.1111/jsr.13597.
- [21] Sanchez-Ortuno M., Moore N., Taillard J., Valtat C., Leger D., Bioulac B., Philip P. Sleep duration and caffeine consumption in a French middle-aged working population // *Sleep Medicine*. 2005. Vol. 6. No. 3. P. 247-251. DOI: 10.1016/j.sleep.2004.10.005.
- [22] Clark I., Landolt H.P. Coffee, caffeine, and sleep: A systematic review of epidemiological studies and randomized controlled trials // *Sleep Medicine Reviews*. 2017. Vol. 31. P. 70-78. DOI: 10.1016/j.smrv.2016.01.006.