

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

DOI: 10.18137/RNU.V9I187.23.01.P3

УДК 331.108

А.А. Золкин, В.С. Тормозов, Т.Н. Бушtruk, Е.А. Арнаутов

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В МОДЕЛИРОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА СОТРУДНИКОВ ИТ-ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Рассматривается процедура пошаговой формализации программной модели системы учета и прогнозирования эффективности сотрудников ИТ-предприятия. Предлагается и обосновывается архитектурная модель приложения, определяется модель системы работы с метриками, описывается внедрение необходимых средств анализа (инструментов) в виде сочетания различных алгоритмов машинного обучения, применяющихся в системах с бинарной классификацией, основанной на принятии решений со стороны оператора – объекта анализа. Сегодня существует необходимость в разработке единой модели планирования, которая будет определять направление развития и техническое регулирование бизнес-систем с учетом региональных особенностей и современных кибернетических инструментов продвижения бизнес-идей в корпоративном сегменте рынка с позиций социального взаимодействия и личностных компонентов. Рассматривается вопрос контроля социального взаимодействия: предлагается реляционная модель из теории игр, основанная на конкретном шаблоне модели данных. Сделано обобщение в виде выделения категориального аппарата метрик, прямо или косвенно влияющих на процедуру оценки эффективности работы, время простоя или некорректного использования рабочего устройства (компьютера). Приводится экономический эффект от внедрения данного подхода в системы контроля за сотрудниками.

Ключевые слова: машинное обучение, цифровой след, бустинг, корпоративная культура, эффективность работников, система сбора информации.

A.L. Zolkin, V.S. Tormozov, T.N. Bushtruk, E.A. Arnautov

A SYSTEMIC APPROACH TO MODELING THE EFFICIENCY OF THE STAFF POTENTIAL OF IT-ENTERPRISE EMPLOYEES

Abstract. The article discusses a procedure for step-by-step formalization of the software model of the system for accounting and forecasting the effectiveness of IT enterprise employees. The article proposes an architectural model of application, defines a model of the system for working with metrics, describes an introduction of the necessary analysis tools (tools) in the form of a combination of various machine learning algorithms used in systems with binary classification based on decision-making by the operator which is an object of the analysis. At the moment, there is a need to develop a unified planning model that will determine the direction of development and technical regulation of business systems, taking into account regional features and modern cyber tools for promoting business ideas in the corporate market segment from the standpoint of social interaction and personal components. The article addresses an issue of social interaction control and proposes a relational model from game theory, based on a specific data model template. A generalization is made in the form of highlighting the categorical apparatus of metrics that directly or indirectly affect the procedure for evaluating work efficiency, downtime or incorrect use of a working device (computer). The article briefly summarizes the economic effect of introducing this approach into employee control systems.

Keywords: machine learning, digital footprint, boosting, corporate culture, employee efficiency, information collection systems.

Золкин Александр Леонидович

кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, город Самара. Сфера научных интересов: автоматика и автоматизация; информатика и вычислительная техника; прикладная информатика; программирование; транспорт. Автор более 300 опубликованных научных работ. ORCID: 0000-0001-5806-9906.

Электронный адрес: alzolkin@list.ru

Тормозов Владимир Сергеевич

старший преподаватель кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, Тихоокеанский государственный университет, город Хабаровск. Сфера научных интересов: искусственный интеллект; распознавание образов; цифровая обработка изображений. Автор более 20 опубликованных научных работ. ORCID: 0000-0002-5628-858X.

Электронный адрес: 007465@pnu.edu.ru

Буштрук Татьяна Николаевна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электротехники, Самарский государственный университет путей сообщения, город Самара. Сфера научных интересов: цифровые технологии; робототехника; программное обеспечение; информационные технологии. Автор более 50 опубликованных научных работ. SPIN-код: 7862-5382.

Электронный адрес: t.bushtruk@samgups.ru

Арнаутов Евгений Александрович

старший преподаватель кафедры физики, радиотехники и электроники, Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина, город Елец. Сфера научных интересов: информационная безопасность; прикладная информатика; программирование. Автор более 10 опубликованных научных работ. SPIN-код: 1993-8190.

Электронный адрес: arnautoff@list.ru

Введение

Одним из основных критериев высокой эффективности предприятия в постиндустриальную сферу выступает уровень контроля сфер предприятия, связанных непосредственно с человеком. Технологические процессы выверяются и стабилизируются, а роль человека как оператора и конечного бенефициара важна, детерминирована, но при этом сложна в оценке и регулировании. Степень проработанности и адаптивности человеко-машинных интерфейсов управления и контроля, налаженная эргономика рабочего пространства, биологическая соизмеримость играют важную роль в амортизации различных расходов и минимизации временных издержек [1; 2].

В данной работе рассмотрен авторский комплексный проект по учету и динамическому прогнозированию эффективности работы IT-предприятия в целом за счет реализации аналитической программной платформы оценки эффективности сотрудников с учетом анализа цифрового следа и иных методов, непосредственно связанных с аналитикой данных в ходе их работы за компьютерами.

Таким образом, предметом исследования является кибернетическая система с функциями сбора информации о технологических процессах и обеспечения удобного человеко-машинно-

го интерфейса, а также осуществления автоматического управления процессом через методы машинного обучения и искусственного интеллекта. Объектом исследования в данном случае выступают расчеты, которые ранее проводились вручную различными кадровыми службами.

Методы исследования

Объектом анализа выступает трафик данных внутри корпоративной сети предприятия и другая телеметрическая информация («цифровой след») [3].

За основу анализа взяты данные таблиц кадровой службы, путем дедуктивного метода выделены параметрические характеристики анализа.

Таким образом, категориальный аппарат данных включает:

- расчет и анализ использования рабочего времени;
- расчет внутренних показателей работы и дальнейшее ранжирование персонала: загруженность, скорость выполнения, сложность, объемная составляющая, успешность и своевременность [4];
- учет номенклатуры подтвержденных компетенций сотрудников для выявления потребностей обучения и дальнейшего формирования специализированных программ обучения [5];
- фиксацию операционных драйверов для оценки затрат реализации проектов [6; 7].
- помощь руководителю в формировании обратной связи для сотрудников о результатах их работы и принятии кадровых решений.

Требования к автоматизированной системе учета сводятся к следующим.

1. Наличие устройства управления с веб-приложением с простым и понятным интерфейсом.
2. Возможность оценивать эффективность в разрезе подразделения, группы, персонала.
3. Масштабируемость системы до уровня «департамент» и выше.

Чаще всего такие приложения базируются на MVC/MVVP-паттерне проектирования (Рисунок 1), который кардинальным образом упорядочивает функциональную разработку SQL-ориентированных интеллектуальных систем.

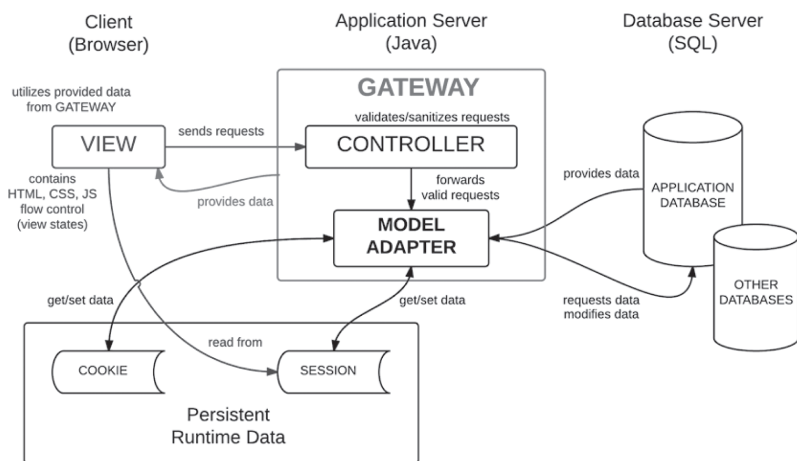


Рисунок 1. MVC – архитектурный шаблон системы учета и прогнозирования эффективности работы сотрудников предприятия

Источник: [8].

Результаты исследования

В разрабатываемом сервисе должны быть предусмотрены следующие роли внешних пользователей:

- технический пользователь – учетная запись, которая проводит автоматическую авторизацию между внешними сервисами;
- администратор – учетная запись, которая позволяет осуществлять настройки сервиса и всех его подсистем;
- разработчик – возможность разрабатывать, администрировать и контролировать;
- сотрудник – использование системы в рамках исполнения трудовых и производственных функций;
- руководитель подразделения – использование системы в рамках исполнения трудовых и производственных функций;
- HR-менеджер/финансист – использование системы в рамках исполнения трудовых и производственных функций.

Требования к надежности. При возникновении сбоев в аппаратном обеспечении, включая аварийное отключение электропитания, информационная система должна автоматически восстанавливать свою работоспособность после устранения сбоев и корректного перезапуска аппаратного обеспечения (за исключением случаев повреждения рабочих носителей информации с исполняемым программным кодом) [7].

На основании вышеперечисленного было принято решение о создании MVC-модели данных для UserGames-сессии отдельно взятого сотрудника. То есть поставлена задача представить цифровой след работника к базису социального контакта с точки зрения теории игр [8–10].

Концептуальная модель данных сводится к пяти «полям»: основным данным пользователя, режиму игры (процесса работы, то есть процесса динамики отслеживания активности), самой «игре» – процессу/проекту, взаимодействию с рабочей группой и другими лицами (Рисунок 2).

Логика работы автоматизированной системы (далее – АС). Общий принцип решения заключается в регулярной выгрузке данных в собственную реляционную базу знаний, из которой производится дальнейший анализ и вывод на веб-страницы, в таблицы Excel, либо в виде отчетов на почту.

Устойчивая система должна обеспечивать защиту от несанкционированного доступа благодаря основам проектирования MVC и защищенному соединению (HTTPS + SSL + TLS 2.0) без привязки к нормативам, предъявляемым к категории «ИГ» по классификации действующего руководящего документа ФСТЭК России «Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем».

Описанные компоненты системы учета и прогнозирования обеспечивают идентификацию и аутентификацию пользователя.

В рамках обеспечения соответствия требованиям по классу защиты система должна осуществлять:

- идентификацию и проверку подлинности субъектов доступа при входе в систему по идентификатору (коду) и паролю условно-постоянного действия длиной не менее восьми символов;
- идентификацию программ, томов, каталогов, файлов, записей, полей записей по именам;

- контроль доступа к защищаемым ресурсам в соответствии с матрицей доступа в рамках подсистемы информационной безопасности;
- регистрацию входа/выхода в систему/из системы либо регистрацию загрузки и инициализации операционной системы и ее программного останова; регистрация выхода из системы или останов не проводятся в моменты аппаратурного отключения АС.

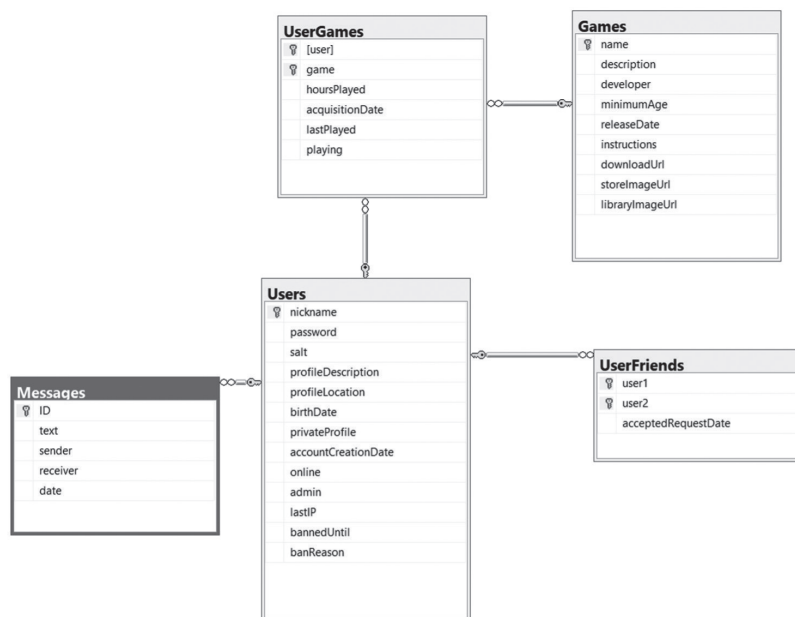


Рисунок 2. Модель данных автоматизированной системы

Источник: [11].

Допускается расширение вышеперечисленных механизмов защиты от несанкционированного доступа для достижения их соответствия современному технологическому уровню благодаря BigData и машинному обучению.

Система управления эффективности (Рисунок 3) благодаря внедренным средствам машинного обучения, а также системам репликации данных и их аппроксимации будет автоматически восстанавливать свое функционирование после аварии при корректном перезапуске аппаратных средств. В системе предусмотрена возможность организации автоматического или ручного резервного копирования данных.

Система обработки данных и прогнозирования кривой эффективности базируется на алгоритме машинного обучения, который подразумевает прогноз событий, основанных на вероятностях наступления пика эффективности работы в скалярных значениях (в нашем случае) при помощи комплексного метода XGBC-классификатора, использующегося в задачах бинарной классификации, что весьма удобно в системах, опосредованных со скоростью принятия решений (включением, выключением, изготовлением, завершением стадии проекта) со стороны людей – источников анализа.

В качестве инструмента анализа применялись следующие объекты и классификаторы, а средством визуализации выступили стандартные средства библиотеки matplotlib:

```

#Common Model Algorithms
fromsklearn import svm, tree, linear_model, neighbors, naive_bayes, ensemble,
discriminant_analysis, gaussian_process
fromxgboost import XGBClassifier

#Common Model Helpers
fromsklearn.preprocessing import OneHotEncoder, LabelEncoder
fromsklearn import feature_selection
fromsklearn import model_selection
fromsklearn import metrics

#Visualization
importmatplotlib as mpl
importmatplotlib.pyplot as plt
importmatplotlib.pylab as pylab
importseaborn as sns
frompandas.tools.plotting import scatter_matrix

#Configure Visualization Defaults
#%matplotlib inline = show plots in Jupyter Notebook browser
%matplotlib inline
mpl.style.use('ggplot')
sns.set_style('white')
pylab.rcParams['figure.figsize'] = 12,8

```

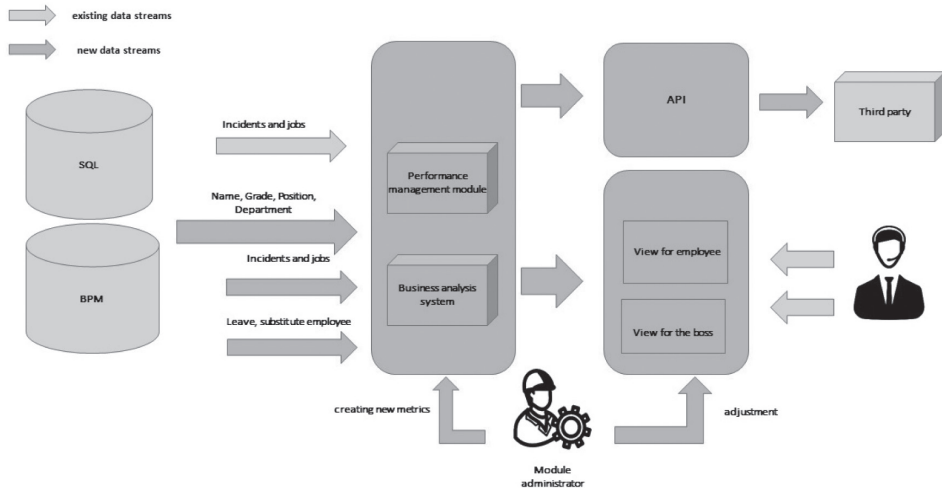


Рисунок 3. Принципиальная схема разработанной модели управления метриками эффективности сотрудника

Источник: [10].

Заметим, что в декларации выше применяется альтернативный подход (бустинг), в соответствии с которым каждый специалист по подбору персонала основывается на оценке

кандидата предыдущим специалистом. Это ускоряет процесс собеседования, так как неподходящие кандидаты сразу же отсеиваются. Данный метод применяется для уточнения точности данных для новых сотрудников [10].

К разработанному продукту интеллектуальной собственности – информационно-аналитическому модулю – предъявлялось требование простого и понятного веб-интерфейса в виде отдельных страниц на каждый созданный инструмент. Принято решение сделать его в виде некоторой визуализации SCADA-подобной системы. Каждый созданный инструмент должен иметь возможность просмотра информации в виде графиков от уровня департамента до уровня отдельного сотрудника [11; 12]. В АС должно быть как минимум три режима: обычный (для ПК), мобильная версия и версия для настенных мониторов [13; 14].

Заключение и выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать вывод, что предлагаемая система должна разрабатываться с учётом обеспечения ее дальнейшего развития и наращивания функциональности. При этом в нее уже должны быть заложены основные архитектурные принципы системы, позволяющие в дальнейшем осуществлять ее развитие, в первую очередь связанное с добавлением взаимодействия с другими продуктами и системами. В дальнейшем система должна позволять расширяться на другие подразделения предприятия и дочерние компании.

При использовании интеллектуальной системы учета эффективность сотрудников увеличилась на 20 %. Общее число сотрудников ИТ-предприятия составляет 300 человек, средняя заработная плата с учетом отчислений – 2 млн руб. в год, таким образом, экономический эффект составил $0,2 \cdot 300 \cdot 2\,000\,000 = 120\,000\,000$ руб.

Литература

1. Dolezilek D., Carson K., Leech K., Streett K. Secure SCADA and Engineering Access Communications: A Case Study of Private and Public Communication Link Security. Presented at 5th Annual Western Power Delivery Automation Conference, Washington, 1–3 April 2003. Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Pullman, Washington USA, 2003. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a19f861c240f73e5a66235686308e8829b0683d6> (дата обращения: 14.01.2023).
2. Koushik A.N., Rashmi B.S. 4th Generation SCADA Implementation for Automation // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. 2016. Vol. 5. No. 3. P. 629–631. URL: <https://www.ijarccce.com/upload/2016/march-16/IJARCCCE%20154.pdf> (дата обращения: 24.12.2022).
3. Tan S.Y., Taeiagh A. Smart City Governance in Developing Countries: A Systematic Literature Review // Sustainability. 2020. Vol. 12. Article no. 899. DOI: 10.3390/su12030899
4. Юмашев А.В., Павлов В.А., Адмакин О.И., Кузьминов Г.Г., Нефедова И.В. Анализ применения мезодиэнцефальной модуляции в коррекции стрессовых нарушений // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2016. № 12. P. 38–48.
5. Hu H., Li Y. Remote status monitoring based on ESP8266 connected IoT cloud platform // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 29 November – 1 December 2019, Harbin, China. IOP Publishing, 2020. Vol. 461. Article no. 012022. DOI: 10.1088/1755-1315/461/1/012022
6. Kurundkar S., Kamthe S., Marathe S. M., Gadade Y. Remote monitoring of solar inverter (an application of IOT) // American Journal of Engineering Research. 2017. Vol. 6. No. 7. P. 70–74. URL: <https://>

www.academia.edu/33855797/Remote_Monitoring_of_Solar_Inverter_An_application_of_IOT (Дата обращения: 27.01.2023).

7. Tadeus D.Y., Yuniarto, Yuwono T. Prototype of wireless sensor network based on open industrial protocol: modbus // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. Vol. 801. Article no. 012140. DOI: 10.1088/1757-899X/801/1/012140
8. Alves T., Morris T. OpenPLC: An IEC 61, 131–3 compliant open source industrial controller for cyber security research // Computers & Security. 2018. Vol. 78. P. 364–379. DOI: 10.1016/j.cose.2018.07.007
9. Jagadesh M., Saravanan M., Narayanan V., Priya Vadhana M., Logeshwaran K. Monitoring system in industry using IoT // 2019 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS), Coimbatore, India. IEEE, 2019. P. 745–748. DOI: 10.1109/ICACCS.2019.8728324
10. Monika, Kumar M., Kumar M. XGBoost: 2D-Object Recognition Using Shape Descriptors and Extreme Gradient Boosting Classifier // Singh V., Asari V., Kumar S., Patel R. (Eds) Computational Methods and Data Engineering. Series: Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 1227. Singapore : Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-6876-3_16
11. Dudukalov E.V., Munister V.D., Zolkin A.L., Losev A.N., Knishov A.V. The use of artificial intelligence and information technology for measurements in mechanical engineering and in process automation systems in Industry 4.0 // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2021. Vol. 1889. No. 5. Article no. 052011. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/5/052011
12. Shamina S.V., Munister V.D., Zolkin A.L., Verbitskiy R.A., Dragulenko V.V. Application of artificial intelligence and digital technologies in the organization of the educational process of specialists in the field of physics, engineering and metrology // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2021. Vol. 1889. No. 2. Article no. 022015. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/2/022015
13. Akhmetshin E.M., Kovalenko K.E., Mueller J.E., Khakimov A.K., Yumashev A.V., Khairullina A.D. (2018) Freelancing as a type of entrepreneurship: Advantages, disadvantages and development prospects. Journal of Entrepreneurship Education. Vol. 21 (Special Issue). EDN BEFMZZ.
14. Delfani F., Samanipour H., Beiki H., Yumashev A.V., Akhmetshin E. A robust fuzzy optimisation for a multi-objective pharmaceutical supply chain network design problem considering reliability and delivery time // International Journal of Systems Science: Operations and Logistics. 2022. Vol. 9. No. 2. P. 155–179. DOI: 10.1080/23302674.2020.1862936

References

1. Dolezilek D., Carson K., Leech K., Streett K. (2003) Secure SCADA and Engineering Access Communications: A Case Study of Private and Public Communication Link Security. Presented at 5th Annual Western Power Delivery Automation Conference, Washington, 1–3 April 2003. Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Pullman, Washington USA. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a19f861c240f73e5a66235686308e8829b0683d6> (accessed 14.01.2023).
2. Koushik A.N., Rashmi B.S. (2016) 4th Generation SCADA Implementation for Automation. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*. Vol. 5. No. 3. Pp. 629–631. URL: <https://www.ijarccce.com/upload/2016/march-16/IJARCCCE%20154.pdf> (accessed 24.12.2022).
3. Tan S.Y., Taeihigh A. (2020) Smart City Governance in Developing Countries: A Systematic Literature Review. *Sustainability*. Vol. 12. Article no. 899. DOI: 10.3390/su12030899
4. Pavlov V.A., Admakin O.I., Kuz'minov G.G., Nefedova I.V. (2016) *Analiz primeneniya mezodientsefal'noi modulyatsii v korrektsii stressovykh narushenii* [Analysis of the use of mesodiencephalic modulation in the

- correction of stress disorders]. *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*. No. 12. Pp. 38–48. (In Russian).
5. Hu H., Li Y. (2020) Remote status monitoring based on ESP8266 connected IoT cloud platform. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 29 November – 1 December 2019, Harbin, China. IOP Publishing. Vol. 461. Article no. 012022. DOI: 10.1088/1755-1315/461/1/012022
6. Kurundkar S., Kamthe S., Marathe S. M., Gadade Y. (2017) Remote monitoring of solar inverter (an application of IOT). *American Journal of Engineering Research*. Vol. 6. No. 7. Pp. 70–74. URL: https://www.academia.edu/33855797/Remote_Monitoring_of_Solar_Inverter_An_application_of_IOT (accessed 27.01.2023).
7. Tadeus D.Y., Yuniarto, Yuwono T. (2020) Prototype of wireless sensor network based on open industrial protocol: modbus. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing. Vol. 801. Article no. 012140. DOI: 10.1088/1757-899X/801/1/012140
8. Alves T., Morris T. (2018) OpenPLC: An IEC 61,131–3 compliant open source industrial controller for cyber security research. *Computers & Security*. Vol. 78. Pp. 364–379. DOI: 10.1016/j.cose.2018.07.007
9. Jagadesh M., Saravanan M., Narayanan V., Priya Vadhana M., Logeshwaran K. (2019) Monitoring system in industry using IoT. In: *2019 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS)*, Coimbatore, India. IEEE, 2019. Pp. 745–748. DOI: 10.1109/ICACCS.2019.8728324
10. Monika, Kumar M., Kumar M. (2021). XGBoost: 2D-Object Recognition Using Shape Descriptors and Extreme Gradient Boosting Classifier. In: Singh V., Asari V., Kumar S., Patel R. (Eds) *Computational Methods and Data Engineering*. Series: Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 1227. Singapore : Springer. DOI: 10.1007/978-981-15-6876-3_16
11. Dudukalov E.V., Munister V.D., Zolkin A.L., Losev A.N., Knishov A.V. (2021). The use of artificial intelligence and information technology for measurements in mechanical engineering and in process automation systems in Industry 4.0 *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing. Vol. 1889. No. 5. Article no. 052011. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/5/052011
12. Shamina S.V., Munister V.D., Zolkin A.L., Verbitskiy R.A., Dragulenko V.V. (2021) Application of artificial intelligence and digital technologies in the organization of the educational process of specialists in the field of physics, engineering and metrology. *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing. Vol. 1889. No. 2. Article no. 022015. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/2/022015
13. Akhmetshin E.M., Kovalenko K.E., Mueller J.E., Khakimov A.K., Yumashev A.V., Khairullina A.D. (2018) Freelancing as a type of entrepreneurship: Advantages, disadvantages and development prospects. *Journal of Entrepreneurship Education*. Vol. 21 (Special Issue). URL: <https://www.abacademies.org/articles/Freelancing-as-a-type-of-entrepreneurship-%20advantages-1528-2651-21-S2-262.pdf> (accessed 27.01.2023).
14. Delfani F., Samanipour H., Beiki H., Yumashev A.V., Akhmetshin E. (2022) A robust fuzzy optimisation for a multi-objective pharmaceutical supply chain network design problem considering reliability and delivery time. *International Journal of Systems Science: Operations and Logistics*. Vol. 9. No. 2. Pp. 155–179. DOI: 10.1080/23302674.2020.1862936