

І.О. Худяков, В.Є. Плюгін, В.А. Герасименко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЧЕРЕЗ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Досліджено роль людського фактора у виникненні кризових ситуацій у складних організаційно-технічних системах. Проаналізовано можливості використання засобів машинного навчання у роботі автоматизованих систем диспетчерського управління. Визначено концепцію засобів підтримки прийняття рішень з розв'язання кризових ситуацій при використанні автоматизованих диспетчерських систем управління складними організаційно-технічними системами на базі машинного навчання та штучного інтелекту.

Ключові слова: машинне навчання, автоматизовані системи диспетчерського управління, підтримка прийняття рішень, стабільність систем.

Постановка проблеми

Стабільність технічних та організаційно-технічних систем є важливим фактором функціонування багатьох складних технічних і організаційно-технічних систем: енергетичних систем, промислових об'єктів, транспортних систем тощо. Її підтримка забезпечує безперебійне функціонування таких систем, дозволяє запобігти нанесенню шкоди довкіллю, населенню, людям, що здійснюють обслуговування систем.

Виникнення збоїв і аварій у роботі складних технічних та організаційно-технічних систем може мати суттєві негативні наслідки, серед яких:

- критичне пошкодження устаткування системи;
- травми, шкода здоров'ю людей, що обслуговують устаткування систем, та населення, що перебуває у безпосередній близькості до елементів системи;
- шкода навколишньому середовищу через витоки шкідливих речовин;
- для енергетичних систем – збої у постачанні енергоносія споживачам і т. д.

Прикладами найбільших техногенних катастроф, що відбулися за останні 50 років, можуть бути Чорнобильська катастрофа та катастрофа на хімічній фабриці Sandoz у Швейцарії 1986 року, Бгопальська катастрофа в Індії 1984 року, аварія на АЕС «Фукусіма-1» 2011 року [1].

Також у цьому контексті необхідно зазначити аварію на АЕС Три-Майл-Айленд у США у 1979 році [2]. Важливим фактором у цьому випадку була наявність не тільки відмов у роботі обладнання, а і помилок персоналу, що обслуговував станцію, та низки неправильних організаційних рішень.

Завдяки наявності людського фактора у функціонуванні організаційно-технічних систем існує ризик виникнення аварійних ситуацій, спричинених

некомпетентністю, недбалістю або стресовим станом обслуговочого персоналу, зокрема диспетчерів.

Загалом за даними ДСП ЧАЕС [3] від 30 % до 50 % помилок персоналом атомних електростанцій робиться під час експлуатації, тоді як під час технічного огляду і ремонту – 30–40 %, випробувань після ремонту – 20–30 %, проектування – до 5 %.

Прийняття рішень у кризових ситуаціях ускладнюється станом особи, що приймає рішення. Так, одним із шаблонів поведінки у стресовій ситуації, виділених у роботі [4], є гіперпильність – ситуація, коли людина у стані паніки поспіхом обирає із низки можливих альтернатив рішень, зупиняючись на тій, яка передбачає ймовірне миттєве вирішення проблеми. Для диспетчерів складних організаційно-технічних систем застосування такого шаблону поведінки виражається у формі спішного пошуку такої послідовності дій, яка дозволить у найкоротший термін усунути наявну несправність і запобігти виникненню аварії.

Для моніторингу стану складних організаційно-технічних систем та управління ними застосовуються автоматизовані системи диспетчерського управління (АСДУ) [5]. Хоча вони забезпечують можливість нормального функціонування систем загалом, відсутні додаткові засоби підтримки прийняття рішень диспетчерами у кризових ситуаціях. Для забезпечення швидкого реагування на відмови та запобігання виникненню аварій необхідна наявність швидкого доступу диспетчерів до інформації стосовно шляхів вирішення проблем: алгоритмів, підказок, які могли б дати чіткий план дій з усунення відмов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У наявних дослідженнях різні питання використання АСДУ та автоматизованих систем загалом висвітлено для різних видів систем: енергетичних [6, 7],

транспортних [8, 9], промислових [10].

Серед аспектів функціонування таких систем, що розглядаються у роботах, можна виділити механізми автоматизації роботи системи [6, 8], використання хмарних обчислень для обробки даних та автоматизованого управління [7], адаптацію ситуативного управління для використання у диспетчеризації систем [9], загальний огляд принципів контролю автоматизованих систем [10].

При широкому висвітленні різних аспектів контролю роботи та управління складними організаційно-технічними системами питання підтримки прийняття рішень диспетчерами розглянуто слабо. Прикладом дослідження на цю тему може слугувати робота [11], у якій розроблена система підтримки прийняття рішень при управлінні гібридними енергомережами. Проте застосуванню таких систем для кризових ситуацій наразі не було приділено достатньої уваги.

Основними функціями систем підтримки прийняття рішень є збір даних про стан системи, аналіз наявних даних та формування звітів, алгоритмів, моделей або іншої інформації для надання особі, що приймає рішення. Для аналізу може застосовуватись низка методів, серед яких «what if» аналіз, статистичний аналіз, аналіз чутливості тощо [12].

Багато уваги у дослідженнях приділено розробці адаптивних систем підтримки прийняття рішень [13–15].

Роботи, пов'язані з адаптивними інструментами підтримки прийняття рішень при управлінні проектами та програмами, включають [16], де була запропонована адаптивна модель управління проектами для створення професійного докторського ступеня з управління бізнесом. Робота [17] аналізує внутрішні та зовнішні змінні в управлінні великими програмами для підвищення ефективності програмного управління ризиками. Авторами розроблено системну динамічну модель програми, яка враховує ці змінні, яку можна використовувати в управлінні великими програмами. У роботі [18] розроблено методіку кількісного імовірнісного моделювання окремих етапів процесу відновлення інфраструктури, їх залежності від факторів зовнішнього середовища та людського фактора.

Окремо необхідно звернути увагу на засоби, розроблені за допомогою машинного навчання [19]. Широко розглянуто використання штучного інтелекту для підтримки прийняття рішень також у менеджменті.

У роботі [20] досліджено питання симбіозу людини та штучного інтелекту при прийнятті рішень. У статті підкреслюється взаємодоповнюваність людини та штучного інтелекту та досліджується їх потенційні вклади в процеси прийняття організаційних рішень в умовах їх невизначеності, складності та двозначності.

Робота [21] присвячена дослідженню можливостей застосування штучного інтелекту у прийнятті

стратегічних маркетингових рішень.

Стаття [22] має на меті виявити проблеми, пов'язані з використанням і впливом систем для прийняття рішень на основі штучного інтелекту, створених з використанням технологій Big Data, і запропонувати набір дослідницьких пропозицій для дослідників інформаційних систем.

У роботі [23] описано адаптивну модель підтримки прийняття рішень при управлінні програмами з реконструкції інженерної інфраструктури, яка застосовує прогнозу модель на основі штучної нейронної мережі для формування значення викидів вуглекислого газу при різних конфігураціях інфраструктурної системи. Вибір найкращої альтернативи у цьому разі відбувається на основі значення цільової функції, що дозволяє, зокрема, врахувати екологічну компоненту при прийнятті управлінських рішень під час реалізації програм.

У цьому контексті вони дають змогу досягти наступних переваг:

- можливість застосування категорій даних: засіб передбачає використання як кількісних, так і якісних даних;

- можливість подальшого навчання: використання методів машинного навчання для розробки засобу підтримки прийняття рішення дозволить проводити подальше навчання моделі під час її функціонування, не обмежуючись вихідними даними моделі.

3-поміж вищезазначених методів доцільно обрати штучні нейронні мережі, оскільки моделі на їх основі найбільш досконало реалізують процес обробки категорій даних.

Мета статті

Метою статті є визначення концепції засобів підтримки прийняття рішень із розв'язання кризових ситуацій при використанні автоматизованих диспетчерських систем управління складними організаційно-технічними системами на базі машинного навчання та штучного інтелекту.

Виклад основного матеріалу

Основним завданням засобу підтримки прийняття рішень при розв'язанні кризових ситуацій при використанні АСДУ є забезпечення користувача алгоритмами поведінки в аварійних ситуаціях, що дозволить мінімізувати ризики виникнення техногенних катастроф, спричинених поведінкою диспетчера. Це відбувається завдяки аналізу показників стану обладнання системи та ідентифікації типу відмови.

Отже, засіб підтримки прийняття рішень являє собою надбудову для АСДУ, яка забезпечує виконання задачі контролю стану системи.

Вхідними даними для засобу є дані про зміну стану системи, вихідними – алгоритм дій для усу-

нення несправності.

Дані про зміну стану системи є логічними змінними, що відзначають вихід значення параметра (напруги в елементі системи, тиску, температури тощо) за межі допустимого. Так, при раптовому підвищенні напруги в елементі системи, зниженні тиску або іншій зміні параметра або параметрів, що свідчать про виникнення аварійної ситуації, АСДУ генерується сигнал, що передається диспетчерові. Це може відображатись у формі світлового сигналу на пульті, будь-якої іншої візуальної або звукової індикації. Для засобу підтримки прийняття рішень логічний сигнал буде відзначати тип відмови, на основі якого буде відбуватись вибір та надання алгоритму дій.

Обробка вхідних даних відбувається з використанням штучної нейронної мережі в автоматичному режимі. Зважаючи на специфіку різних галузей, в яких застосовуються АСДУ, що виражається насамперед різним складом систем-об'єктів управління, доцільне створення окремих моделей для різних сфер застосування: електроенергетики, теплоенерге-

тики, важкої промисловості тощо.

Загалом засіб має двокомпонентну структуру:

- 1) штучна нейронна мережа, що визначає тип відмови на основі вхідних даних;
- 2) компонент, що визначає алгоритм дій диспетчера для певного виду відмови.

Результат роботи засобу передається до інтерфейсу користувача для подальшого виконання.

Навчання моделі машинного навчання, що використовується в засобі, відбувається на основі даних стосовно значення вищезазначених логічних змінних та відповідних типів відмов, при цьому цільовим показником моделі є тип відмови. Отже, така модель реалізує задачу класифікації.

Визначення алгоритму дій виконується за допомогою додаткового програмного модуля, що містить базу даних типів відмов та відповідних алгоритмів.

Схему процесу прийняття рішень при управлінні програмами з реконструкції інженерної інфраструктури у нотації Business Process Model and Notation (BPMN) наведено на рис. 1.

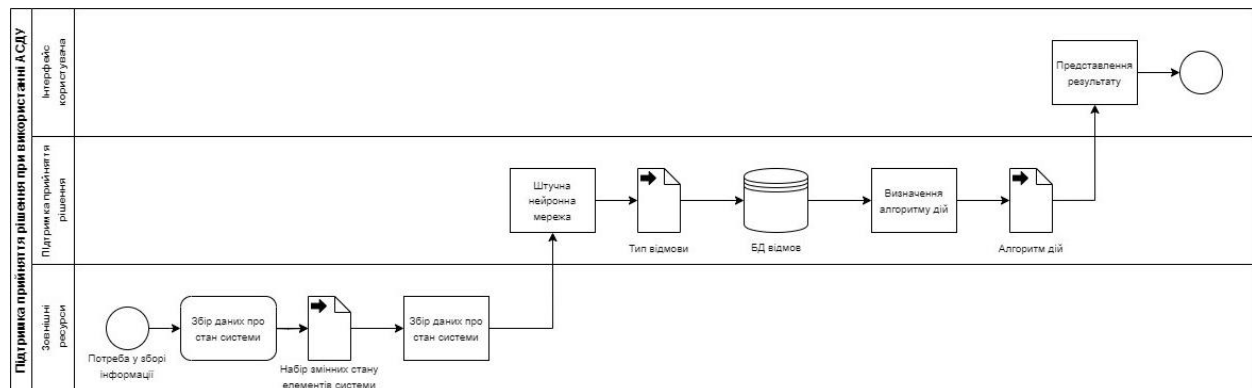


Рис. 1. Схема процесу підтримки прийняття рішень при використанні АСДУ за допомогою засобу у нотації BPMN

Структура засобу підтримки прийняття рішень при використанні АСДУ може бути описана множиною:

$$DSM_{ADCS} = \{I, T, P_A\}, \quad (1)$$

де I – множина вхідних даних;

T – множина завдань для реалізації підтримки прийняття рішень;

P_A – множина прикладних програмних компонентів.

Множина вхідних даних визначається набором параметрів зміни стану елементів системи.

Множина завдань може бути визначена так:

$$T = \{T_I, T_D, T_L\}, \quad (2)$$

де T_I – множина завдань обробки вхідних даних;

T_D – множина завдань визначення алгоритму дій диспетчера;

T_L – множина завдань навчання моделі.

Процес обробки вхідних даних спрямований на отримання від системи датчиків, що знаходяться на елементах системи-об'єкта управління, логічних значень зміни їх стану, подальшого визначення типу відмови та відповідного алгоритму дій.

Навчання моделі відбувається шляхом внесення до засобу даних щодо впровадження дій з усунення аварії. Застосування додаткових актуальних даних про правильно визначений тип відмови дозволяє підвищити точність подальших дій моделі з класифікації та визначення алгоритмів дій.

Прикладні програмні компоненти можуть бути описані множиною:

$$P_A = \{INT, ANN, DB\}, \quad (3)$$

де *INT* – інтерфейс користувача;

ANN – штучна нейронна мережа, що здійснює класифікацію типу відмови;

DB – база даних типів відмов і алгоритмів дій диспетчера.

Модель класифікації типу відмови відображена формулою:

$$C = \{MLM, DS, I\}, \quad (4)$$

де *MLM* – методи машинного навчання;

DS – датасет.

Впровадження такого інструменту в процеси диспетчеризації енергетичних, промислових, транспортних систем дозволить вирішити наступні завдання:

- мінімізація ризиків виникнення техногенних катастроф шляхом зниження впливу людського фактора при прийнятті рішень під час виникнення та усунення аварійних ситуацій на об'єктах;

- підвищення стабільності складних організаційно-технічних систем шляхом забезпечення механізму оперативного реагування на відмови;

- підвищення енергетичної безпеки при застосуванні цього засобу на енергетичних об'єктах шляхом підвищення стабільності систем через мінімізацію ризику критичного руйнування елементів систем і порушення постачання енергії.

Суттєвими відмінностями такого засобу від інших засобів, що можуть використовуватись з такою метою, є наступне:

- адаптивність: засіб базується на методах машинного навчання і застосовує дані про наявні типи відмов залежно від зміни станів елементів систем, відповідно, для кожного значення цільової функції та набору обмежень відбувається визначення типу відмови за даними наявного досвіду;

- можливість подальшого навчання: завдяки використанню штучної нейронної мережі для класифікації типу відмови можливе навчання моделі на основі результатів її використання у процесах функціонування АСДУ.

Засіб підтримки прийняття рішень при використанні АСДУ пропонується розробити на мові програмування Python. Використання цієї мови зумовлене її широким застосуванням для виконання завдань Data Science та машинного навчання, зокрема для розробки штучних нейронних мереж.

Також однією з переваг Python є можливість застосування транслятора IronPython, що дозволяє розробити інтерфейс користувача за допомогою мови програмування C#.

Для розробки бази даних типів відмов та алгоритмів дій для їх усунення пропонується застосування мови SQL, оскільки вона є широко застосовуваною для подібних задач. Запит до бази даних та

повернення результатівних даних здійснюватиметься автоматично.

Датасет являє собою сукупність окремих елементів пов'язаних даних, до яких можна отримати доступ окремо чи в поєднанні або керувати ними як цілим об'єктом [15]. У контексті описаної моделі сприймаємо його як базу даних, що містить значення логічних параметрів змін стану елементів системи та відповідних типів відмов, яка застосовується для тренування моделі та подальшої класифікації типу відмови.

Дані датасету спираються на протоколи дій для усунення аварійних ситуацій, чинну нормативну базу, технічну документацію тощо. Тобто проектування параметрів системи, що здійснюється на основі історичних даних систем теплопостачання міст, що вже функціонують, дозволяє отримати результат, який відповідає чинній в Україні нормативній та техніко-технологічній базі, без проведення відповідного комплексу розрахунків.

Наявні методи математичного моделювання дозволяють врахувати кількісні дані, тоді як можливість застосування при моделюванні якісних даних відсутня. Застосування машинного навчання дає змогу розширити набір параметрів для більш комплексного відображення структури систем та врахування більшої кількості аспектів їх функціонування.

Для енергетичних систем доцільно розділити елементи датасету (рядки) на такі категорії за типом об'єкта:

- параметри об'єктів генерування енергії: турбін, котлів тощо;

- параметри об'єктів перетворення енергії: трансформаторів, теплообмінників тощо;

- параметри об'єктів транспортування енергії: трубопроводів, електромереж тощо;

- параметри побічних підсистем: об'єктів систем золошлаковидалення, охолодження, очищення викидів тощо;

- параметри підсистем автоматизації виробництва.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Застосування засобів підтримки прийняття рішень із розв'язання кризових ситуацій при використанні автоматизованих диспетчерських систем управління складними організаційно-технічними системами на базі машинного навчання та штучного інтелекту є доцільним з огляду на необхідність забезпечення підвищення стабільності таких систем завдяки зниженню впливу людського фактора при виникненні відмов.

Це дозволить зменшити ризик виникнення техногенних катастроф через надання диспетчерові алгоритмів дій, заснованих на типі відмови, та за-

безпечити прийняття рішень і здійснення коректних дій для її усунення в умовах стресу.

Також застосування засобів підтримки прийняття рішень дасть змогу забезпечити підвищення енергетичної безпеки при застосуванні такого засобу на енергетичних об'єктах шляхом підвищення стабільності систем через мінімізацію ризику критичного руйнування елементів систем і порушення постачання енергії.

Побудова моделі на основі методів машинного навчання дозволить забезпечити адаптивність моделі, потенціал до її подальшого розвитку шляхом навчання під час використання.

Подальші дослідження за цим напрямом можуть бути спрямовані на розробку принципів роботи засобів, їх детальної структурної будови, програмної реалізації, застосування для різних типів систем.

Література

1. Це 6 найбільших техногенних катастроф світу [Електронний ресурс] / НауКиїв.UA. – Режим доступу: <https://nashkiyev.ua/life/tse-6-naibilshih-tehnogennih-katastrof-svitu> – 06.06.2023 р. – Загол. з екрану.
2. Three Mile Island accident 1979, Pennsylvania, US [Електронний ресурс] / Encyclopedia Britannica. – Режим доступу: <https://www.britannica.com/event/Three-Mile-Island-accident> – 20.07.2015 р. – Загол. з екрану.
3. Вплив людського фактора на фізичний захист ядерних установок [Електронний ресурс] / ДСП "Чорнобильська АЕС". – Режим доступу: <https://chnpp.gov.ua/ua/uk/nuclear-security-culture/1820-vpliv-lyudskogo-faktora-na-fizichnij-zakhist-yadernikh-ustanovok> – 13.05.2015 р. – Загол. з екрану.
4. Buck, G. The role of psychological factors in the management of crisis situations [Електронний ресурс] / Continuity Central. – Режим доступу: <https://www.continuitycentral.com/crisispaper.pdf> – 22.02.2014 р. – Загол. з екрану.
5. Grigoriev, L. Automated dispatch control; problems and details of modeling [Text] / Grigoriev L., Kostogryzov A., Tupysev A. // IFAC Proceedings Volumes. – 2013. – Vol. 46, № 9. – P. 1123–1127.
6. Zakariazadeh, A. A new approach for real time voltage control using demand response in an automated distribution system [Text] / A. Zakariazadeh et al. // Applied Energy. – 2014. – Vol. 117. – P. 157–166.
7. Yucheng, S. Cloud Computing Based Data Processing and Automated Management of Power Dispatch [Text] / S. Yucheng, L. Yan, M. Kailin // Applied Mathematics and Non-linear Sciences. – 2024. – Vol. 9, № 1.
8. Vagenas, N. Dispatch control of a fleet of remote-controlled/automatic load-haul-dump vehicles in underground mines [Text] / N. Vagenas // International Journal of Production Research. – 1991. – Vol. 29, № 11. – P. 2347–2363.
9. Omonov, F. A. Adaptation of situational management principles for use in automated dispatching processes in public transport [Text] / F.A. Omonov, O.U. Sotvoldiyev // International Journal of Advance Scientific Research. – 2022. – Vol. 02, № 03. – P. 59–66.
10. O'Grady, P. J. Controlling Automated Manufacturing Systems [Text] / P.J. O'Grady. – London : Kogan Page Ltd., 1986. – 116 p.
11. Шендрік С.О. Моделі та інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при управлінні гібридними енергомережами [Текст] дис. ... доктора філософії / С.О. Шендрік. – Харків, 2020. – 206 с.
12. Ada, Ş., Decision Making Based On Management Information System and Decision Support System [Text] / Ş. Ada, M. Ghaffarzadeh // European Researcher. – 2015. – Vol. 93, № 4. – P. 260–269.
13. Keen, P. G. W. Adaptive design for decision support systems [Text] / P.G.W. Keen // ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems. – 1980. – Vol. 12, № 1-2. – P. 15–25.
14. Chuang, T.-T. The development of an adaptive decision support system [Text] / T.-T. Chuang, S.B. Yadav // Decision Support Systems. – 1998. – Vol. 24, № 2. – P. 73–87.
15. Fazlollahi, B. Adaptive decision support systems [Text] / B. Fazlollahi, M.A. Parikh, S. Verma // Decision Support Systems. – 1997. – Vol. 20, № 4. – P. 297–315.
16. Azevedo, G. B. D. The use of adaptive project management practices and methodologies in the development of a professional doctoral program [Text] / G.B. D. Azevedo, E.A. Maccari, N. Asgray // Revista de Administração da UFSM. – 2021. – Vol. 14, № 1. – P. 44–62.
17. Samrah R. A. System Dynamics Modeling for the Complexity of Knowledge Creation Within Adaptive Large Programs Management [Text] / R.A. Samrah, K. Shaalan, A.A. Ali // Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham. – 2017. – P. 3–17.
18. Ciapessoni, E. A quantitative methodology to assess the process of service and infrastructure recovery in power systems [Text] / E. Ciapessoni // Electric Power Systems Research. – 2020. Vol. 189. – P. 106735.
19. Phillips-Wren, G. AI tools in decision making support systems: a review [Text] / G. Phillips-Wren // International Journal on Artificial Intelligence Tools. – 2012. – Vol. 21, № 02. – P. 1240005.
20. Jarrahi, M. H. Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making [Text] / M.H. Jarrahi // Business horizons. – 2018. – Vol. 61, № 4. – P. 577–586.
21. Stone, M. Artificial intelligence (AI) in strategic marketing decision-making: a research agenda [Text] / M. Stone et al. // The Bottom Line. – 2020. – Vol. 33, № 2. – P. 183–200.
22. Araujo T. In AI we trust? Perceptions about automated decision-making by artificial intelligence [Text] / T. Araujo et al. // AI & Society. – 2020. – Vol. 35, № 3. – P. 611–623.
23. Khudiakov, I. Formation of an Adaptive Decision-Making Support Means Components in Engineering Infrastructure Reconstruction Programs Management [Text] / I. Khudiakov // Lighting Engineering & Power Engineering. – 2023. – Vol. 62, № 1. – P. 12–16.

References

1. These are the 6 largest technogenic catastrophies of the world – NashKyiv.UA. (2023, June 06). Retrieved from <https://nashkiyev.ua/life/tse-6-naibilshih-tehnogennih-katastrof-svitu>
2. Three Mile Island accident | 1979, Pennsylvania, US – Encyclopedia Britannica. (2015, July 20). Retrieved from <https://www.britannica.com/event/Three-Mile-Island-accident>
3. The influence of the human factor on the physical protection of nuclear installations – SSE "Chornobyl AES". (2015, May 13). Retrieved from <https://chnpp.gov.ua/ua/uk/nuclear-security-culture/1820-vpliv-lyudskogo-faktora-na-fizichnij-zakhist-yadernikh-ustanovok>
4. Buck, G. The role of psychological factors in the management of crisis situations – Continuity Central. (2014, February 22). Retrieved from <https://www.continuitycentral.com/crisispaper.pdf>
5. Grigoriev, L., Kostogryzov, A., & Tupysev A. (2013).

- Automated dispatch control; problems and details of modeling. *IFAC Proceedings Volumes*, 46 (9), 1123–1127. DOI: 10.3182/20130619-3-RU-3018.00385
6. Zakariazadeh, A. et al. A new approach for real time voltage control using demand response in an automated distribution system. (2014). *Applied Energy*, 117, 157–166. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.12.004
7. Yucheng, S., Yan, L., & Kailin, M. Cloud Computing Based Data Processing and Automated Management of Power Dispatch. (2024). *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9 (1). DOI: 10.2478/amns-2024-1483
8. Vagenas, N. (1991). Dispatch control of a fleet of remote-controlled/automatic load-haul-dump vehicles in underground mines. *International Journal of Production Research*, 29 (11), 2347–2363. DOI: 10.1080/00207549108948087
9. Omonov, F. A., & Sotvoldiyev O.U. (2022). Adaptation of situational management principles for use in automated dispatching processes in public transport. *International Journal of Advance Scientific Research*, 2(3), 59–66. DOI: 10.37547/ijasr-02-03-09
10. O'Grady, P. J. (1986). *Controlling Automated Manufacturing Systems*. Kogan Page Ltd. DOI: 10.1007/978-94-011-7468-8
11. Shendryk S.O. (2020) *Models and information technology for decision support in the management of hybrid energy networks* [PhD dissertation, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv]. O.M. Beketov NUUEKh Higher Qualification Training Institute. URL: https://ipkv.kname.edu.ua/images/files/Діяльність_спецрад/доктор_філософії/2020/ДФ_64.089.004_Шендрик_С._О/Shendryk_SO_dis.pdf
12. Ada, Ş., & Ghaffarzadeh, M. (2015) Decision Making Based On Management Information System and Decision Support System. *European Researcher*, 93(4), 260–269. DOI: 10.13187/er.2015.93.260
13. Keen, P. G. W. (1980). Adaptive design for decision support systems. *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, 12(1-2), 15–25. DOI: 10.1145/1017654.101765
14. Chuang, T.-T., & Yadav, S.B. (1998). The development of an adaptive decision support system. *Decision Support Systems*, 24(2), 73–87. DOI: 10.1016/S0167-9236(98)00065-7
15. Fazlollahi, B., Parikh, M.A., & Verma, S. (1997). Adaptive decision support systems. *Decision Support Systems*, 20(4), 297–315. DOI: 10.1016/S0167-9236(97)00014-6
16. Azevedo, G. B. D., Maccari, E.A., & Asgray, N. (2021). The use of adaptive project management practices and methodologies in the development of a professional doctoral program. *Revista de Administração da UFSM*, 14(1), 44–62. DOI: 10.5902/1983465942849
17. Samrah R. A., Shaalan, K., & Ali, A.A. (2017). System Dynamics Modeling for the Complexity of Knowledge Creation Within Adaptive Large Programs Management. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham, 3–17. DOI: 10.1007/978-3-319-56535-4_1
18. Ciapessoni, E. (2020). A quantitative methodology to assess the process of service and infrastructure recovery in power systems. *Electric Power Systems Research*, 189, 106735. DOI: 10.1016/j.epsr.2020.106735
19. Phillips-Wren, G. (2012). AI tools in decision making support systems: a review. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 21(2), 1240005. DOI: 10.1142/S0218213012400052
20. Jarrahi, M. H. (2018). Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business horizons*, 61(4), 577–586. DOI: 10.1016/j.bushor.2018.03.007
21. Stone, M. et al. (2020). Artificial intelligence (AI) in strategic marketing decision-making: a research agenda. *The Bottom Line*, 33(2), 183–200. DOI: 10.1108/BL-03-2020-0022
22. Araujo T. et al. (2020). In AI we trust? Perceptions about automated decision-making by artificial intelligence. *AI & Society*, 35(3), 611–623. DOI: 10.1007/s00146-019-00931-w
23. Khudiakov, I. (2023). Formation of an Adaptive Decision-Making Support Means Components in Engineering Infrastructure Reconstruction Programs Management. *Lighting Engineering & Power Engineering*, 62(1), 12–16. DOI: 10.33042/2079-424X.2023.62.1.02

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Петренко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ХУДЯКОВ Ілля Олександрович
асистент кафедри нафтогазової інженерії і технологій
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – Illya.Hudyakov@kname.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0049-2979>

Автор: ПЛЮГІН Владислав Євгенович
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем електропостачання та електроспоживання міст
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – vladyslav.pliuhin@kname.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4056-9771>

Автор: ГЕРАСИМЕНКО Віталій Анатолійович
кандидат технічних наук, доцент, в.о. завідувача кафедри світлотехніки та джерел світла
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – Vitaliy.Gerasimenko@kname.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0390-289X>

INCREASING THE STABILITY OF ORGANISATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS THROUGH THE USE OF MACHINE LEARNING

I. Khudiakov, V. Pliuhin, V. Herasymenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The stability of technical and organisational-technical systems is an integral factor in the functioning of a wide range of complex technical and organisational-technical systems, such as energy systems, industrial facilities, transport systems, and others. While it depends on various factors, there are currently no means to support decision-making for automated dispatch control systems users in case of failures.

The article analyses the effects of failures and breakdowns in complex technical and organisational-technical systems. It provides examples of major technogenic disasters. The study examines the human factor influence on the emergence of technogenic disasters. Currently, automated dispatch control systems do not have any means to facilitate decision-making by providing the dispatcher with a clear plan of action to troubleshoot and eliminate a possible disaster.

The authors propose a concept of support means for decision-making in response to crises using automated dispatch systems for managing complex organisational-technical systems based on machine learning and artificial intelligence. The means is based on machine learning methods and has a two-component structure: an artificial neural network that defines the type of failure and a programme component that selects the algorithm.

The neural network is implemented in the Python programming language, and the user interface is in the C# language. The neural network fulfils the classification task defining the failure based on an array of logical variables that demonstrate the change of state of system elements. The programme component uses the database created with SQL language to define the algorithm of actions for the dispatcher. The authors describe the dataset for the model in case of its use in energy systems. There is also a description of the model components.

The model's distinguishing features are adaptivity due to machine learning methods and the possibility of further model training to increase the classification accuracy based on its use cases.

Keywords: *machine learning, automated dispatch control systems, decision-making support, system stability.*