

ВЛАСТИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС УХВАЛЕННЯ РІШЕНЬ

У статті описується поняття функціональної стійкості інтелектуальних систем під час ухвалення рішень як одного з головних аспектів створення методів формалізації та моделювання знань і можливості застосування для підтримки ухвалення рішень в енергетиці. Сформульовані функції штучного інтелекту для створення інтелектуальних систем в енергетиці для підтримки ухвалення стратегічних рішень щодо розвитку енергетики з урахуванням вимог енергетичної безпеки. Використання принципів ситуаційного управління відповідає загальній схемі досліджень проблеми енергетичної безпеки та ухвалення стратегічних рішень, пов'язаних з оцінкою стану об'єктів енергетики та паливно-енергетичного комплексу загалом, а також із вибором основних напрямів їхнього подальшого функціонування та розвитку. У статті надано означення параметрів функціональної стійкості інтелектуальних систем під час ухвалення рішень та сформульовані основні характеристики надійності, стійкості та живучості інтелектуальних систем, представлено в графічному вигляді основні аспекти функціональної стійкості інтелектуальних систем у процесі ухвалення рішень, що відображають основні поняття ситуаційного керування, включно із ситуаційним аналізом і ситуаційним моделюванням з позиції дослідження проблеми енергетичної безпеки. Сформульоване поняття функціональної стійкості інтелектуальних систем дає можливість створювати алгоритми для подальшого використання під час розроблення програмного забезпечення для досліджень і підтримки ухвалення рішень в енергетиці.

Ключові слова: функціональна стійкість, надійність, живучість, відмово стійкість, штучний інтелект

G.V. Shuklin, O.V. Barabash, A.B. Grebennikov

FUNCTIONAL STABILITY OF INTELLIGENT SYSTEMS IN DECISION-MAKING

The article describes the concept of functional sustainability of intelligent systems in decision-making as one of the main aspects in the creation of methods for formalizing and modelling knowledge and the possibility of using it for decision support in the energy sector. The concept of functional stability was introduced for dynamic objects. However, for intelligent systems this concept is significantly different. This is due to the fact that the functioning of intelligent systems cannot be considered as the movement of an object. The functions of artificial intelligence for the creation of intelligent systems in the energy sector to support strategic decision-making on energy development, taking into account the requirements of energy security, are formulated. The use of the principles of situational management corresponds to the general scheme of research on the problem of energy security and strategic decision-making related to the assessment of the state of energy facilities and the fuel and energy complex as a whole, as well as the choice of the main directions of their further functioning and development. The article defines the parameters of functional sustainability of intelligent systems in decision-making and formulates the main characteristics of reliability, stability and survivability of intelligent systems, presents in graphical form the main aspects of functional sustainability of intelligent systems in decision-making, reflecting the basic concepts of situational management, including situational analysis and situational modelling from the perspective of studying the problem of energy security. The formulated concept of the functional sustainability of intelligent systems makes it possible to create algorithms for further use in the development of software for research and support of decision-making solutions in the energy sector.

Keywords: functional stability, reliability, survivability, fault tolerance, artificial intelligence

Вступ

Фундатором теорії функціональної стійкості є видатний Український вчений Машков О.А., який вперше ввів це поняття в теорії управління складними системами, навігації та управління авіаційно-косміч-

ними комплексами [1]. Функціональна стійкість об'єкта тісно пов'язана з такими властивостями як стійкість, надійність, живучість та відмовостійкість. Наразі отримали широкого застосування в управ-

лінні складними технічними системами інтелектуальні системи (ІС) підтримки ухвалення рішень (Intelligent decision support system). ІС - це системи підтримки ухвалення рішень, які широко використовують методи штучного інтелекту (ШІ). Штучний інтелект (ШІ) у технічних науках являє собою галузь комп'ютерних наук, яка створює програми і системи, здатні виконувати завдання, які зазвичай вимагають інтелектуальних здібностей людини. Ці завдання охоплюють сприйняття навколишнього середовища, навчання на основі досвіду, ухвалення рішень, розв'язання проблем, розуміння природної мови тощо. Сьогодні інтелектуальні системи ухвалення рішень отримують широке застосування в енергетиці.

В доповіді О. М. Суходоля [2] зазначається, що штучний інтелект в енергетиці застосовується для:

- **взаємодії з клієнтами** – чат-боти, які пропонують абоненту допомогу в отриманні наперед визначених стандартних відповідей або алгоритмів реагування;
- **управління мережею** – підвищення ефективності диспетчеризації та зменшення проблем з надійністю, що приводить до наявності необхідних експлуатаційних резервів. Крім того, за допомогою ШІ компанії спроможні оптимізувати роботу енергосистем за рахунок правильного розрахунку оптимального розподілу використання пропускної спроможності існуючих ліній передачі, а також визначення обладнання, яке може й надалі експлуатуватися або яке необхідно замінити;
- **інтелектуалізація мереж (Smart grids)** – оптимізація керування потоками енергії в системі між обладнанням споживачів (будівельні споруди), накопичувачами енергії (аккумуляторами, батареями), відновлювальними джерелами енергії, мікромережею та центральною мережею;
- **мікромережа (Microgrid)** – невелика локальна енергетична мережа, яка працює незалежно від центральної мережі;
- **віртуальні електростанції (Virtual Power Plants)** – віртуальна енергосистема, яка незалежна від централізованої мережі і яка самостійно забезпечує балансуювання пропозиції та попиту між своїми учасниками;
- **створення нових бізнес-моделей роботи на ринку** – уникнення третьої сторони, а саме оператора системи передачі чи розподілу, у взаємовідносинах між виробником електроенергії та кінцевими споживачами;
- **торгівля електроенергією** – автоматичне створення угод про закупівлю електроенергії, що надає контрахтам більшої ефективності, скорочує час транзакцій та знижує вартість використання;
- **виявлення крадіжок електроенергії** – автоматичне виявлення аномалій у поведінці постачальників та споживачів із подальшим позначенням їх для детальної перевірки персоналом енергетичної компанії;
- **акумуляція енергії** – вирівнювання графіка навантаження системи і допомога в зменшенні потреби енергетичних компаній у будівництві нових електростанцій;
- **прогнозування режимів роботи інфраструктури та планування її розвитку** – спроможність енергетичної компанії передбачити час, коли енергоблок, трансформатор або окреме технічне обладнання мережі із високою ймовірністю вийдуть з ладу;
- **збільшення виробництва та будівництво** – на основі аналізу кліматичних та географічних умов допомога проєктувальникам вибрати кращі майданчики для будівництва вітрових, сонячних та термальних електростанцій;
- **підвищення рівня кібербезпеки енергосистеми** – виявлення та оперативне реагування на кібератаки;

- **системи управління виробничими процесами** – прогнозування попиту, оптимізація виробничих цілей, видача завдань для етапів технологічного процесу, виявлення подій, аномалій на виробничих лініях тощо.

Виходячи з вищевикладеного, виникає завдання визначення поняття функціональної стійкості інтелектуальних систем в ухваленні рішень з застосуванням ІІІ як здатність складних технічних систем зберігати свої функції під час впливу деструктивних факторів.

Аналіз останніх досліджень. У роботі [3] здійснено аналіз сучасних стратегій розвитку існуючих інформаційно-енергетичних систем, а також огляд методів розробки та проблем теоретичних досліджень шляхів удосконалення інформаційно-енергетичних систем та мереж. Авторами введено поняття «розумної ефективності» і представлено топологію інформаційної мережі відповідно до концепції «Smart Grid» та топологію інтелектуальної енергосистеми, в якій не відображається система, яка б забезпечувала функціональну стійкість такої мережі. В роботі [4] здійснено аналіз технологічної концепції «Smart Grid» в електроенергетиці, представлено її структуру та функціональну схему електроенергетики на базі концепції «Smart Grid». Також відзначено основні параметри, які забезпечують надійність, як складової функціональної стійкості самої інтелектуальної системи. В роботі [5] визначено поняття кіберстійкості критичних інформаційних структур, що є однією із складових функціональної стійкості інтелектуальних систем. В роботі [6] розглядається стан та перспективи подальшого розвитку інтелектуального керування з представленням технологій та алгоритмом керування швидкісними динамічними процесами в розподіленому комп'ютерному середовищі та здійснено структурізацію моделей формування хаотичної поведінки інтелектуальної системи ухвалення рішень, а також створено методи покращення

якості обміну даними між компонентами мережевих систем. У роботі [7] запропоновано контекстну модель, яка відображає залежність між об'єктами, їх властивості та надає інформацію, необхідну для ухвалення рішень щодо подальших дій, однак ця модель не враховує наявності параметрів, які забезпечують функціональну стійкість самої ІС прийняття рішень. У роботі [8] для забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем використовуються програмно-конфігуровані мережі, за допомогою яких відбувається відокремлення функцій передачі трафіку від функцій управління, що приводить до підвищення рівня безпеки функціонування інформаційних систем та дозволяє ввести в процес передачі пакетів поняття резерву часу. Однак в усіх дослідженнях або не розглядаються параметри, які забезпечують функціональну стійкість або розглядаються окремі компоненти функціональної стійкості інтелектуальних систем ухвалення рішень і відсутня загальна модель функціональної стійкості інтелектуальних систем, яка б інтегрувала в собі всі параметри її забезпечення.

Мета статті. Метою даної статті є визначення функціональної стійкості інтелектуальних систем у процесі ухвалення рішень енергетичного об'єкту.

Широке використання комп'ютерних систем підтримки ухвалення рішень сприймається як передача повноважень ухвалення рішень програмам. Це призвело до думки, що повноваження щодо ухвалення рішень можуть бути певною мірою делеговані особами, які ухвалюють рішення і надмірно централізовані, машинам, що активніше використовуються в циклі управління. Системи підтримки ухвалення рішень можуть складатися з таких компонентів: керування даними; керування моделлю; керування призначеним для користувача інтерфейсом і архітектура системи підтримки ухвалення рішень, як це схематично представлено на рисунку 1.



Рис. 1. Системи підтримки ухвалення рішень

Інтелектуальні здібності та поведінка, інтегровані з комп'ютерною системою, створюють інтелектуальну машину. Машина повинна виконувати функцію помічника в ухваленні рішень, пошуку інформації, управлінні складними об'єктами і, нарешті, розуміти значення слів. Щоб розробити інтелектуальну комп'ютерну систему, необхідно зібрати, організувати та використати людські експертні знання в деяких вузьких галузях; удосконалити обчислювальну міць мозку системи за допомогою складних алгоритмів, що використовують сенсорне опрацювання, моделювання світу, генерацію поведінки, оцінювання цінності та глобальну комунікацію; підрахувати кількість інформації та цінностей, які система зберігає у своїй пам'яті.

Крім того, інтелектуальна система має таку ознаку як здатність діяти відповід-

ним чином у невизначеному середовищі для збільшення ймовірності успіху, а успіх - це досягнення поведінкових підцілей, що підтримують кінцеву мету системи.

Для створення інтелектуальних систем в енергетиці можуть бути застосовані наступні функції ШІ:

функція прогнозування попиту на електроенергію – застосування алгоритмів машинного навчання для аналізу та прогнозування піків та попиту на електроенергію. Ця функція допомагає оптимізувати розподіл електроенергії та запобігати перевантаженням;

функція керування енергомережами – оптимізація роботи енергосистем та керування мережею, включаючи динамічне керування трансформаторами, маршрутизацію електроенергії та виявлення розладів;

функція оптимізації енергоспоживання – забезпечує адаптацію енергосистеми до зміну попиту на електроенергію, а також забезпечує регулювання попиту на електроенергію відповідно до параметрів, які забезпечують цю оптимізацію;

функція обслуговування та прогнозування відмов – застосування машинного навчання для аналізу даних від сенсорів та моніторингу стану обладнання з метою запобігання відмов та оптимізації планів технічного обслуговування;

функція енергетичного аналізу та оптимізація – застосування алгоритмів оптимізації та аналізу даних для пошуку оптимальних рішень в плані енергетичної ефективності, тобто оптимізація розподілу електроенергії в системі;

функція керування збереженням електроенергії – оптимізація процесів збереження електроенергії, включаючи прогнозування моментів часу найбільшого попиту та визначення оптимальних стратегій зарядження та розрядження;

функція моніторингу та запобігання аварій – виявлення аномалій, включаючи кібератаки, попередження про можливі аварії та надання рекомендацій щодо їх унеможливлення;

функція оптимізації енергетичних процесів у будівлях – керування системами опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, освітлення та іншими системами енергоспоживання в будівлях з метою економії електроенергії.

Під час впровадження інтелектуальних систем ухвалення рішень на об'єктах енергетики важливо забезпечити стійкість функціонування самої інтелектуальної системи

ухвалення рішень. Тобто необхідно визначити поняття функціональної стійкості інтелектуальної системи ухвалення рішень в енергетиці та її основні аспекти. В роботі [13] функціональна стійкість об'єкта визначається як його спроможність зберігати протягом заданого проміжку часу виконання своїх основних функцій в межах, встановлених нормативними вимогами, в умовах протистояння, а також впливів потоків відмов та збоїв.

Враховуючи те, що інтелектуальні системи являють собою особливий клас складних систем, то, не порушуючи загального поняття функціональної стійкості, для інтелектуальних систем під час ухвалення рішень, означення функціональної стійкості визначається наступним чином:

Означення 1. Функціональна стійкість інтелектуальних систем в ухваленні рішень – це їх здатність ефективно функціонувати та вирішувати завдання (забезпечувати безперебійне виконання функцій штучного інтелекту) в умовах різноманітних викликів, змін та непередбачуваних ситуацій.

Означення 2. Надійність інтелектуальних систем під час ухвалення рішень це їх здатність давати точні та надійні відповіді або рекомендації в різних ситуаціях. Це ключовий аспект, особливо в контексті використання штучного інтелекту в системах, де ухвалення правильних рішень є критичним.

У таблиці 1 представлено основні характеристики (параметри) надійності інтелектуальних систем під час ухвалення рішень.

Таблиця 1. Основні характеристики надійності інтелектуальних систем

Характеристика	Функція характеристики
Точність	Спроможність інтелектуальної системи надавати правильні відповіді або прогнози. Головною вимогою є високий ступінь точності в опрацюванні даних та алгоритмах ухвалення рішень.
Стабільність	Спроможність інтелектуальної системи проявляти стабільну поведінку в різних умовах і за різних типів вхідних даних і водночас відсутня висока чутливість до змін у даних або середовищі.

Узагальнення	Інтелектуальна система повинна бути здатна застосовувати отримані знання до нових, раніше не бачених ситуацій.
Прозорість і зрозумілість	Спроможність пояснити свої рішення: користувачі та фахівці повинні розуміти, чому інтелектуальна система ухвалила відповідне рішення. Це також допомагає у виявленні та усуненні можливих помилок.
Керування невизначеністю	Ефективне керування інтелектуальною системою невизначеністю, яка з'являється в даних, що обробляються, та в поточних умовах, включаючи спроможність обробляти неповні або нечіткі дані.
Безпека	Інтелектуальні системи мають бути захищені від втручання та атак, щоб запобігти спотворенню результатів або небажаним наслідкам.

Виходячи з характеристик, які представлено в таблиці 1, можна стверджувати, що надійність у контексті ШІ вимагає балансу між високою продуктивністю і точністю, а також умінням адаптуватися до різних сценаріїв використання. Відповідальне ставлення розробників включає ретельне тестування, забезпечення прозорості системи та безперервне оновлення і поліпшення моделей для підтримки їхньої надійності.

Здійснивши розкриття поняття надійності інтелектуальних систем під час ухвалення рішень, перейдемо до визначення поняття стійкості інтелектуальних систем в ухваленні рішень.

Означення 3. Стійкість інтелектуальних систем під час ухвалення рішень - це здатність зберігати надійність в умовах середовищ, що змінюються та в умовах середовищ, що атакують.

Стабільність є важливою властивістю інтелектуальних систем у процесі ухвалення рішень, оскільки системи можуть стикнутися з різними викликами під час експлуатації, включно з неочікуваними вхідними даними, атаками зловмисників, змінами в середовищі та іншими факторами.

В таблиці 2 представлено основні характеристики (параметри) стійкості інтелектуальних систем у процесі ухвалення рішень.

Таблиця 2. Основні характеристики стійкості інтелектуальних систем

Характеристика	Функція характеристики
Стійкість до вхідних даних	Спроможність ІС ефективно обробляти різноманітні, включаючи шкідливі дані, не допускаючи при цьому суттєвих збоїв або не коректних висновків.
Адаптивність	Здатність ІС адаптуватися до змін у зовнішніх умовах, включаючи до змін у даних, вимогах користувача або характеристиках середовища.
Стійкість до атак	Захищеність інтелектуальних систем від різних видів атак, таких як впровадження в систему, внесення спотворень у дані або впровадження шкідливого програмного забезпечення, включаючи заходи безпеки для запобігання і виявлення атак.
Спроможність відновлення	Спроможність ІС у разі збою або атаки бути здатною відновитися і продовжити свою роботу з мінімальними втратами.
Тестування та оцінка стійкості	Активне тестування ІС з боку розробників на стійкість та ефективне оцінювання її стійкості до різних сценаріїв.

Неперервне оновлення	Для підтримання стійкості, системи мають регулярно оновлюватися, включно з патчами безпеки і поліпшеннями в процесах ухвалення рішень.
-----------------------------	--

Стійкість інтелектуальних систем стає особливо важливою в контексті використання в енергетичному секторі, де навіть невеликий збій може призвести до серйозних наслідків.

Наступне поняття, пов'язане з функціональною стійкістю інтелектуальних систем під час ухвалення рішень є живучість.

Означення 4. Живучістю інтелектуальних систем під час ухвалення рішень - це здатність зберігати працездатність і ефе-

ктивність в умовах різноманітних збоїв, атак або інших несприятливих ситуацій.

Живучість охоплює не тільки здатність до відновлення після збоїв, а й активні заходи для запобігання, виявлення та мінімізації впливу негативних факторів на роботу системи.

В таблиці 3 представлено основні характеристики (параметри) живучості інтелектуальних систем під час ухвалення рішень.

Таблиця 3. Основні характеристики живучості інтелектуальних систем

Характеристика	Функція характеристики
Резервування та відмовостійкість	Спроможність ІС переключатись на альтернативні ресурси або методи у разі збоїв, включаючи в наявність резервних серверів, резервних алгоритмів або інших механізмів відмовостійкості.
Автоматичне відновлення	Здатність ІС самостійно відновлюватися після збоїв без необхідності втручання людини, включаючи автоматичне відновлення з резервних копій даних, перемикання на резервні канали зв'язку тощо.
Динамічне навчання та адаптація	Забезпечення ІС можливістю динамічного навчання на основі досвіду й адаптації до нових умов, що приводить до спроможності підлаштовуватися під обставини, що змінюються.
Моніторинг та виявлення аномалій	Здатність ІС активно здійснювати моніторинг свого стану та виявляти аномалії або нештатні ситуації для оперативного реагування на потенційні проблеми.
Гнучкість і маштабованість	Спроможність ІС бути гнучкими і здатними масштабуватися для ефективного керування мінливим обсягом даних або вимог.
Тестування сценаріїв збоїв	Спроможність ІС систематично тестувати на різні сценарії збоїв для переконання в їхній готовності до різних нештатних ситуацій.

Забезпечення живучості інтелектуальних систем є важливим аспектом у розробці та експлуатації, особливо в енергетиці, де надійність і доступність системи відіграють вирішальну роль.

Виходячи з наведених таблиць характеристик надійності, стійкості та живучості, можна визначити основні аспекти функціональної стійкості інтелектуальних систем під час ухвалення рішень, які наведено на рисунку 2.

**ОСНОВНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ
СТІЙКОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ
ПРИ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ**

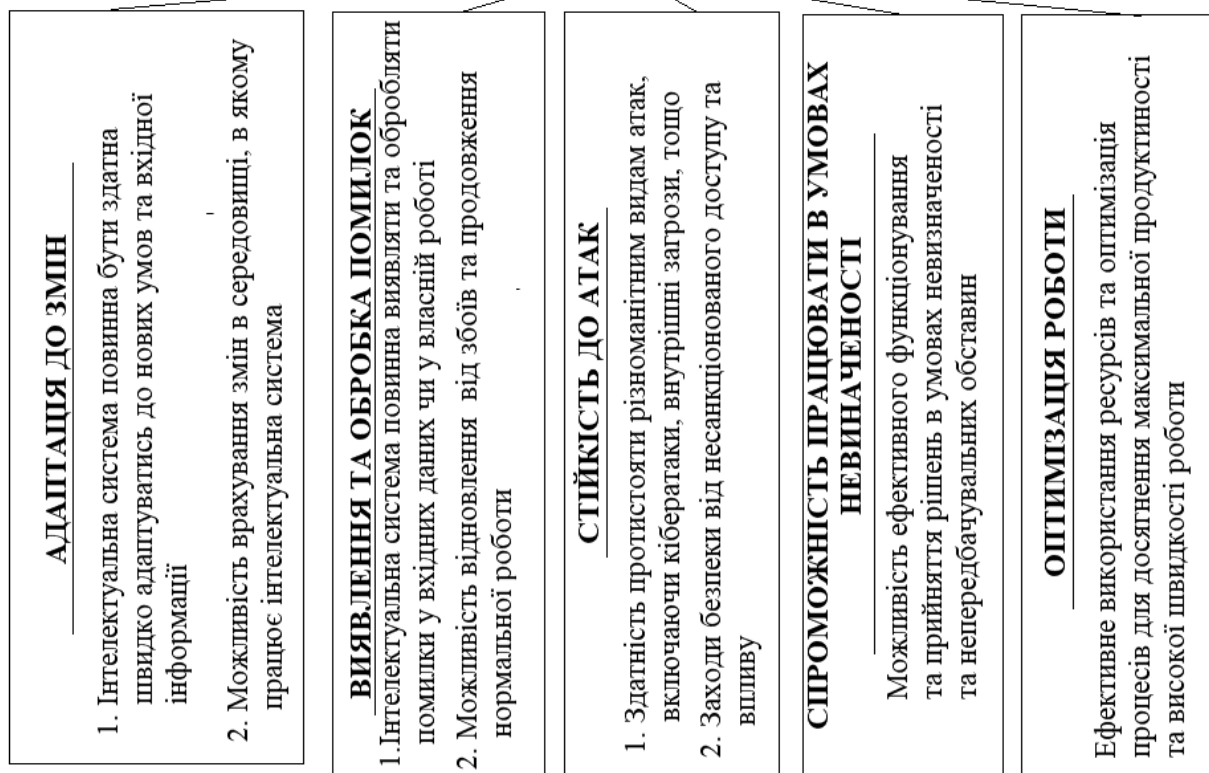


Рис. 2. Основні аспекти функціональної стійкості інтелектуальних систем під час ухвалення рішень

Наразі Україна потребує глобальної технологічної модернізації електромереж, в яких необхідно застосовувати регулятори напруги та регулятори потоків потужності. Це викликає необхідність розробки відповідного нормативно-правового та технічного забезпечення для інтеграції розосереджених джерел енергії, разом зі створенням концепції інтелектуальних систем автоматизації [17] і розумної мережі Smart Grid [4]. Система Smart Grid в загальному випадку складається з трьох основних рівнів: генерація енергії, передача та розподіл енергії та збут. На кожному з цих рівнів існують системи керування та контроль, які працюють в автоматичному режимі і об'єднані в єдину мережу, яка за допомогою ШІ забезпечує функціонування самої енергетичної системи вцілому.

Висновки

З широким застосуванням штучного інтелекту в енергетиці створюється «Розумна мережа», яка забезпечує автоматизоване функціонування всього енергетичного об'єкту, починаючи від генерації електричної енергії і закінчуючи її збутом. В результаті створена інтелектуальна система, замінюючи людину, виконує всі необхідні функції керування та контролю всього технологічного циклу. В цих умовах саму інтелектуальну систему необхідно постійно тестувати на спроможність виконання всіх необхідних функцій в реальному режимі часу за підтримки головних характеристик (параметрів) в межах робочого режиму. Основним шляхом досягнення цього є забезпечення функціональної стійкості самої інтелектуальної системи. В даній роботі було сформульовано

означення функціональної стійкості інтелектуальної системи під час ухвалення рішень та представлено її основні аспекти, виходячи з функцій штучного інтелекту, які при цьому застосовуються.

Література

1. <https://esu.com.ua/article-67277>
2. Суходоля О.М. Штучний інтелект в енергетиці: аналітична доповідь / Суходоля О.М. – К. : НІСД, 2022. – 49 с. – <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.09>.
3. Гончаров Є.В. Аналіз сучасних стратегій розвитку інформаційно-енергетичних систем / Є.В. Гончаров, І.В. Поляков, В.С. Марков, Н.В. Крюкова, Д.О. Бойков, М.К. Скрєбцов, І.В. Цєбрюк // Інтегровані технології та енергозбереження, 2020, №3, с. 75-83.
4. Шевчук О.А. Оптимізація енергоефективності економіки за допомогою технологічної концепції Smart Grid / О.А. Шевчук, Л.С. Борданова, Т.А. Наухацька // Економічний вісник НТУУ «КПІ», 2019, с. 400-414.
5. Іванченко Є.В. Аналіз поняття кіберстійкості критичної інфраструктури / Є.В. Іванченко, О.Г. Корченко, О.В. Зарицький, С.В. Зибін, Н.С. Вишевська // ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ, ТОМ 25, №4, ЖОВТЕНЬ-ГРУДЕНЬ 2023, с. 221-223.
6. Павлов В.В. Интеллектуальное управление: подходы. Результаты и перспективы развития. / В.В. Павлов, Ю.М. Шепету́ха, С.В. Мельников, А.Е. Волков // Кибернетика и вычислительная техника, 2017, №1 (187), с. 30-48.
7. Буров Є. Вибір концептуалізації проблемної ситуації інтелектуальним агентом в задачах прийняття рішень / Є. Буров, І. Карпов // Information systems and Networks, 2023, Issue 13, p. 235-242.
8. Вишнівський В.В. Оцінка показників надійності інформаційних систем при обмеженій апріорній інформації / В.В. Вишнівський, Ю.В. Каргаполов, Ю.В. Березовська, М.Ю. Березівський, Р.В. Космінський // Sciences of Europe, 2021, №3, p. 8-14.
9. Заболотний С.В. Інформаційна технологія забезпечення функціональної стійкості систем моніторингу інформаційного простору в інтересах військ (сил) / С.В. Заболотний, В.О. Кацалан // Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence, 2023, № 1(46), p. 141-144.
10. Сальник С.В. Аналіз методів прийняття рішень з забезпечення захищеності комунікаційних систем / С.В. Сальник, А.С. Сторчак, А.В. Мельник, А.С. Дівіцький // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2019, № 3(36), с. 122-131.
11. Вишнівський В.В. Статичні інформаційні показники якості інтелектуальних систем / В.В. Вишнівський, О.В. Зінченко, Ю.І. Катков, С.О. Серих // Телекомунікаційні та інформаційні технології, 2018, №2(59), с. 14-20.
12. Собчук В.В. Метод діагностування прихованих вимог в інформаційній системі на основі застосування дворівневої системи забезпечення функціональної стійкості / В.В. Собчук, М.О. Коваль, А.П. Мусієнко, О.Й. Мацько // Телекомунікаційні та інформаційні технології, 2019, №1(62), с. 22-30.
13. Ткаленко О.М. Інтелектуальні технології та системи штучного інтелекту для підтримки прийняття рішень / О.М. Ткаленко, А.О. Макаренко, О.В. Полоневич // Телекомунікаційні та інформаційні технології, 2019, №2(63), с. 53-59.
14. Собчук В.В. Основи забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем підприємств в умовах впливу дестабілізуючих факторів / В.В. Собчук, О.В. Барабаш, А.П. Мусієнко / монографія. Київ: Міленіум, 2022. 272 с.
15. Собчук А.В. Метод оцінки функціональної стійкості бездротової сенсорної мережі / А.В. Собчук, О.В. Барабаш, А.П. Мусієнко // Телекомунікаційні та інформаційні технології, 2019, №3(64), с. 46-54.
16. Казначєєва А.В. Дослідження технології розумного очищення сонячних енергомодулів станції автономного живлення / А.В. Казначєєва, А.В. Заячковський, В.О. Завицький, К.П. Сторчак // ЗВ'ЯЗОК, 2024, №3, с. 43-47.
17. Аврунін О.Г. Інтелектуальні системи автоматизації: монографія / О.Г. Аврунін, С.І. Владов, М.В. Петченко, В.В. Семенець, В.В. Татарінов, Г.В. Тельнова, В.О. Філатов, Ю.М. Шмельов, Н.О. Шушляніна / Кременчук: Видавництво «НОВАБУК», 2021. – 322 с.
18. Трофімчук О.М. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень у розвитку інфраструктури мегаполісу / О.М. Трофімчук, О.А. Стенін, А.О. Солдато́ва, І.Г. Дроздович // Системи дослідження та інформаційні технології, 2022, №2, с. 61-74.

19. Wen Y. On realization of Intelligent Decision Making in the Real World: A Foundation Decision Model Perspective / Ying Wen, Ziyu Wan, Ming Zhou, Shufang Hou, Zhe Cao, Chenyang Le, Jingxiao Chen, Zheng Tian, Weinan Zhang and Jun Wang // CAAI Artificial Intelligence Research, Vol. 2 Article № 9150026, 2023, p. 1-12. <https://doi.org/10.26599/AIR.2023.9150026>.
20. Rahman A. Intelligent Decision Support Systems – An Analysis of Machine Learning and Multicriteria Decision-Making Methods // App. Sci., 2023,13,12426. <https://doi.org/10.3390/app132212426>.
21. Poszler F. The impact of intelligent decision-support systems on humans`ethical decision-making: A systematic literature review and an integrated framework / Franziska Poszler, Benjamin Lange // Technological Forecasting & Social Change, 204 (2024), 123403, p. 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123403>.

Одержано: 24.11.2024

Внутрішня рецензія отримана: 30.11.2024

Зовнішня рецензія отримана: 03.12.2024

Про авторів:

¹*Шуклін Герман Вікторович*,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інженерії програмного
забезпечення в енергетиці
e-mail: mathacadem-kiev@ukr.net.

²*Барабаш Олег Володимирович*,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інженерії програмного
забезпечення в енергетиці
e-mail: bar64@ukr.net

³*Гребенніков Асаді Болдохоягович*,
заступник директора
e-mail: g_as_b@ukr.net

Місце роботи авторів:

^{1,2} Навчально-науковий інститут теплової
та атомної енергетики НТУ України
«КПІ імені Ігоря Сікорського».

³ Інститут програмних систем НАН України