

УДК: 519.711, 519.718;519.873, 005;519.7;
303.732, 004.896, 004.5, 004.942, 004.67

УКПШ

№ держреєстрації 0120U103071

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет (СумДУ)
40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2;
тел. (+38 0542) 33 53 83; факс (+38 0542) 33 40 58

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи,
д-р фіз.-мат. наук, професор

_____ А. М. Черноус

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Моделі та методи інформаційних технологій для аналізу та
синтезу структурних, інформаційних і функціональних моделей
об'єктів і процесів, що автоматизуються

**МОДЕЛІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ,
ОЦІНКИ ЛЮДИНО-МАШИННИХ СИСТЕМ,
НАДСИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ НАСОСІВ
(проміжний)**

Науковий керівник НДР
канд. техн. наук

Е. Г. Кузнецов

2021

Рукопис закінчено 10 грудня 2021 р.

Результати роботи розглянуто науковою радою СумДУ, протокол від . 12. 20 21 р. №

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР

старший викладач,
канд. техн. наук

10.12.2021

Е.Г. Кузнецов
(частина 1: розділ 1.2,
частина 2)

Відповідальні виконавці:

професор,
доктор техн. наук

10.12.2021

Є.А. Лавров
(частина 2)

доцент,
канд. техн. наук

10.12.2021

В.Г. Неня
(частина 1: розділ 1.2)

доцент,
канд. техн. наук

10.12.2021

В.В. Шендрик
(частина 1: розділ 1.1-1.4)

Виконавці:

старший викладач,
канд. техн. наук

10.12.2021

В.П. Антипенко
(частина 1:розділ 1.2)

старший викладач,
канд. техн. наук

10.12.2021

О.В. Бойко
(частина 1: розділ 1.2-1.4)

доцент,
канд. техн. наук

10.12.2021

І.В. Баранова
(частина 1: розділ 1.2)

доцент,
канд. техн. наук

10.12.2021

С.М. Ващенко
(частина 1: розділ 1.2)

доцент,
канд. техн. наук

10.12.2021

А.В. Марченко
(частина 1: розділ 1.2)

старший викладач,
канд. техн. наук

10.12.2021

В.В. Нагорний
(частина 1: розділ 1.2)

доцент,
канд. техн. наук

10.12.2021

Ю.В. Парфененко
(частина 1: розділ 1.2-1.4)

доцент,
канд. техн. наук

10.12.2021

Н.А. Федотова
(частина 1: розділ 1.2-1.3)

доцент,
канд. техн. наук

10.12.2021

Я.І. Чибіряк
(частина 1: розділ 1.2)

| | | |
|----------------------------------|------------------|---|
| аспірант | <hr/> 10.12.2021 | Д.В. Бичко (частина 1: розділ 1.3) |
| аспірант | <hr/> 10.12.2021 | К.В. Грабіна (частина 1: розділ 1.3) |
| аспірант | <hr/> 10.12.2021 | С.Є. Кшнякін (частина 1: розділ 1.3) |
| аспірант | <hr/> 10.12.2021 | В.І. Борзенков (частина 1: розділ 1.3) |
| аспірант | <hr/> 10.12.2021 | Л.В. Данілова (частина 2) |
| аспірант | <hr/> 10.12.2021 | С.М. Вакал (частина 2) |
| доцент, канд. техн. наук СНАУ | <hr/> 10.12.2021 | Н.Б. Пасько (частина 2) |
| студент, гр. ІТ.м-91 | <hr/> 10.12.2021 | А.О. Курочкін (частина 2) |
| студент, гр. ІТ.м-91 | <hr/> 10.12.2021 | Ю.С. Міхайленко (частина 2) |
| студент, гр. ІТ.м-91 | <hr/> 10.12.2021 | Т.В. Щербань (частина 2) |
| студент, гр. ІТ.м-01 | <hr/> 10.12.2021 | Є.В. Палажченко (частина 1: розділ 1.3) |
| студент, гр. ІТ.-71 | <hr/> 10.12.2021 | С.О. Толстоноженко (частина 1: розділ 1.3) |

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 44 с., 8 рис., 2 табл., 120 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ІС, ІТ, ЛЮДИНО-МАШИННА ВЗАЄМОДІЯ, СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ

Метою роботи є розробка інформаційного забезпечення вибору оптимального постачальника підприємства в умовах багатокритеріальності та невизначеності.

Об'єкт дослідження – процес вибору оптимального постачальника підприємства.

Предмет дослідження – методи, моделі та алгоритми вибору оптимальних постачальників підприємства в умовах багатокритеріальності на невизначеності.

Задачами дослідження є розробка інформаційного забезпечення вибору оптимального постачальника.

Рекомендації по використанню результатів роботи: розробка науково-методичних основ за досліджуваними напрямками, формування тематики досліджень для магістрів та аспірантів.

Галузь застосування: промисловість, будівництво, міське господарство.

Значущість роботи і висновки: створює теоретично-методичну базу для автоматизації складних систем та удосконалення людино-машинної взаємодії.

Прогнозні припущення про розвиток об'єкту дослідження: подальше поглиблення наукового обґрунтування дослідження та проектування складних систем та взаємодії їх з людиною-оператором.

ЗМІСТ

| | с. |
|---|----|
| Вступ..... | 6 |
| 1 Інтегроване управління загрозами та можливостями з точки зору управління ризиками з стандартів індустрії розробки програмного забезпечення..... | 8 |
| 1.1 Моделювання інтегрованого управління загрозами та можливостями індустрії розробки програмного забезпечення..... | 8 |
| 1.2 Стратегії управління можливостями та загрозами..... | 9 |
| 1.3 Складна природа можливості та загрози на проекті..... | 14 |
| 2 Аналіз методів опису і оцінки процесів функціонування людино-машинних систем..... | 17 |
| 2.1 Аналіз розробок з питань опису і оцінки людино-машинної взаємодії..... | 17 |
| 2.2 Метод опису людино-машинної взаємодії..... | 19 |
| Висновки..... | 25 |
| Перелік джерел посилання..... | 27 |

ВСТУП

Управління проектами почало потужно формуватися у двадцятому столітті та набувало форм структурованих організацій з появою таких відомих інститутів як Project Management Institute [1]. На сьогодні представлена велика кількість стандартів та організацій проектного управління для різних галузей, серед яких

- International Project Management Association;
- Project Management Institute;
- Projects in Controlled Environments;
- International Organization for Standardization;
- Capability Maturity Model Integration (CMMI);
- A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation.

Управління ризиками – це незалежний домен або розділ управління проектами. Не має стандарту який би не включав та не регламентував би знання про управління ризиками. Але існує багато невизначності щодо управління можливостями. Термін можливості широко використовується в стандартах управління проектами індустрії розробки програмного забезпечення. Це може бути пов'язано з фазою ініціації проекту, коли цей термін описує причину виникнення проекту, бізнес-обґрунтування перед початком проекту або можливий майбутній проект, як частина активності управління продажів. Або це може бути як підрозділ управління можливостями, де можливість визначається з точки зору управління ризиками як різновид ризиків [2].

Аналізуючи стандарти управління проектами індустрії розробки програмного забезпечення, можна помітити, що в дотриманих стандартах немає відокремленої та сформульованої сфери управління можливостями, проте все більше компаній мають потребу концентруватися на можливостях для досягнення цілей проекту в умовах конкурентний ринок.

Сфера управління можливостями досліджувалася різними дослідженнями, і, безумовно, деякі результати знайшли своє застосування на практиці, проте відомі стандарти РМІ не містять окремо домен управління можливостями, а CMMI for Development взагалі його не охоплює [3]. Ще більшою та невизначеною темою є гіпотеза синергії ризиків та можливостей на цілі проекту, а також інтегроване управління загрозами та можливостями одночас [4, 5].

1 ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ЗАГРОЗАМИ ТА МОЖЛИВОСТЯМИ З ТОЧКИ ЗОРУ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ З СТАНДАРТІВ ІНДУСТРІЇ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1.1 Моделювання інтегрованого управління загрозами та можливостями індустрії розробки програмного забезпечення

Можливість — це ризик, який позитивно вплине на одну або кілька цілей проекту, а ризик - це невизначена подія або умова, яка, якщо вона відбувається, має позитивний або негативний вплив на одну або кілька цілей. Позитивні ризики – це можливості, а негативні – загрози [6].

Слід зазначити, що чітко визначене управління можливостями не представлено окремо або повністю майже в усіх галузевих стандартах. У той час як управління ризиками повністю охоплено, систематизовано та представлено там як важливий домен для управління проектами або процесів організацій.

Інститут управління проектами має один із відомих основоположних стандартів, присвячених управлінню ризиками – стандарт для управління ризиками в портфелях, програмах і проектах [7]. Відповідно до цього стандарту управління можливостями допомагає розпізнати та зрозуміти можливі шляхи, за допомогою яких цілі проекту можуть бути досягнуті більш успішно. Таким чином, можливості є протилежними загрозам, традиційний погляд на ризик як на знищувача цінності модифікований на бачення ризику як потенційного підсилювача цінності. Сукупний ефект втрат від ризиків та дохід від можливостей в визначені інтервали часу визначається наступною формулою [8, 9]:

$$, \tag{1.1}$$

де C_i – можливості (chance або opportunity), D_i – загрози (threats) проекту можна представити в наступному вигляді:

$$C_{it1} = \sum_{t1=0}^T \sum_{i=0}^n P_{it1} V_{it1}, \quad (1.2)$$

$$D_{it2} = \sum_{t2=0}^T \sum_{i=0}^m P_{it2} V_{it2}, \quad (1.3)$$

Де де P_i – ймовірність виникнення загрози або можливості, V_i – ступінь позитивного або негативного впливу, $t_{1,2}$ – характеризує момент виникнення ризику або можливості, aT – тривалість проекту.

Управління проектами в галузі розробки програмного забезпечення вимагає більш складних інструментів і методів у кожній області для успішного досягнення цілей проекту на конкурентному ринку [9]. Правильно організовані домени управління проектами допомагають представити компанію на ринку, продавати продукти та послуги, покращуючи результати проектів і відповідно збільшуючи дохід компанії.

1.2 Стратегії управління можливостями та загрозами

Стратегії та підходи до роботи з можливостями подібні до негативних ризиків. Управління ризиками для ІТ-проектів можна розділити на такі основні види діяльності (діаграма управління загрозами на прикладі стандарту Project Management Institute на рис. 1.1) [6, 7]:

- Планування підходу;
- Виявлення та аналіз ризиків;
- Планування та впровадження відповідей;
- Моніторинг ризиків.

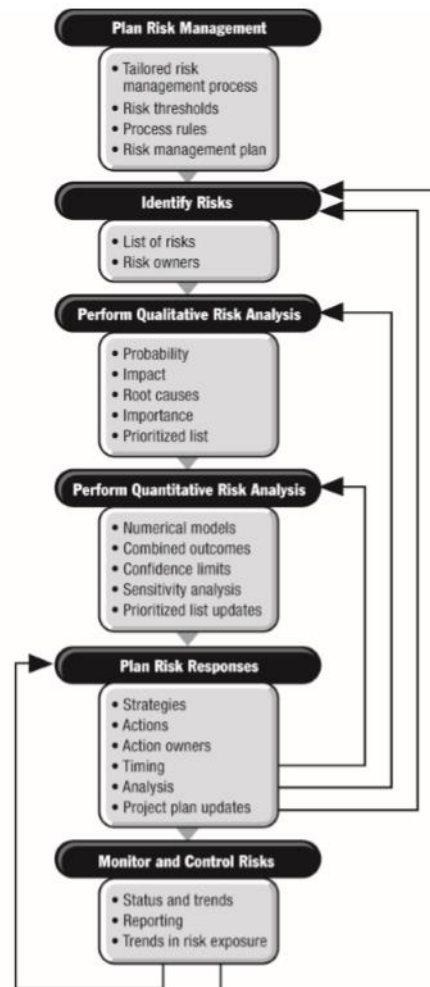


Рисунок 1.1 – Діаграма управління ризиками згідно Project Management Institute

Загроза або можливість є основними об'єктами, якими слід оперувати в рамках всіх вищезазначених видів діяльності по-різному, залежно від негативного чи позитивного ефекту. Реакція, стратегія та превентивні дії щодо ризику корелюють з характеристиками ризику. Тому важливо ретельно вивчити найбільш значущі характеристики ризику. Можна виділити наступні основні характеристики ризику:

- Ймовірність – це ймовірність виникнення ризику.
- Вплив показує ступінь впливу ризику.
- Пріоритет є однією з характеристик оцінки ризику з урахуванням ймовірності ризику та характеристик його впливу (рис. 1.2) [13].

| | | | | |
|--------|--------|------------|--------|-------------|
| IMPACT | High | Medium | High | High |
| | Medium | Low | Medium | High |
| | Low | Low | Low | Medium |
| | | Unlikely | Likely | Very likely |
| | | LIKELIHOOD | | |

Рисунок 1.2 – Пріоритет ризику, який залежить від ймовірності та впливу

- Тригер – це подія, умова, річ або об’єкт, який показує та повідомляє про те, що ризик, найімовірніше, виникне (або коли він уже є фактом, тож робить ймовірність ризику близькою до 100%).

- Стратегія – це класифікований метод управління ризиком.

Пріоритет ризику розраховується на основі характеристик імовірності та впливу. Це перша залежність характеристик, на яку слід звернути увагу. Спосіб, як буде розглядатися ризик, здебільшого залежить від перерахованих вище характеристик, усі вони є вирішальними з точки зору управління ризиками. Характеристики стратегії можуть бути представлені кількома значеннями. Отже, існує п’ять основних методів стратегії:

- Уникнення – це стратегія, коли команда проекту усуває загрозу або захищає проект від її впливу. Це може бути доцільним для високопріоритетних негативних ризиків з високою ймовірністю виникнення та великим негативним впливом ((рис. 1.3).

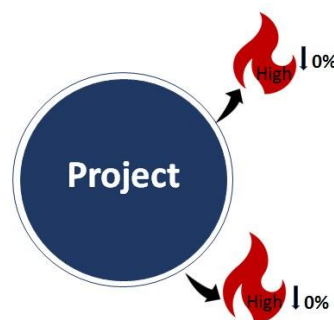


Рисунок 1.3 – Техніка уникнення

- Пом'якшення – це стратегія, коли вживаються дії для зменшення ймовірності виникнення та/або впливу негативного ризику. Ранні дії щодо пом'якшення наслідків часто є ефективнішими, ніж спроби усунути пошкодження після того, як загроза виникла (рис. 1.4).

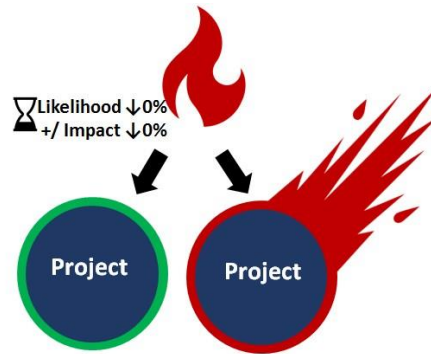


Рисунок 1.4 – Техніка пом'якшення

- Перенесення передбачає передачу права власності на негативний ризик третій стороні (іншим членам команди, відділам, але всередині організації, компанії) для управління ризиком і нести вплив у разі виникнення загрози. Перенесення ризику часто передбачає сплату премії за ризик стороні, яка приймає на себе загрозу. У разі можливостей передбачає передачу права власності на можливість третій стороні, щоб третя сторона розділила частину вигоди, якщо така можливість станеться. Важливо ретельно вибирати нового власника спільної можливості, щоб забезпечити використання можливості на користь портфолію, програми чи проекту (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Техніка перенесення

- Прийняття визнає існування негативного ризику, але активних заходів не вживається. Ця стратегія може бути прийнятною для низькопріоритетних ризиків, а також може бути прийнята у випадку, якщо неможливо або економічно ефективно подолати загрозу іншим способом. Прийняття може бути як активним, так і пасивним. У разі управління можливостями це може бути прийнятним для можливостей з низьким пріоритетом, а також може бути прийнято там, де неможливо або економічно вигідно використати можливість будь-яким іншим способом. Прийняття може бути як активним, так і пасивним. Найпоширенішою стратегією активного прийняття є створення резерву на випадок непередбачених обставин, включаючи кількість часу, грошей чи інших ресурсів, щоб скористатися можливістю, якщо вона трапиться. Пасивне прийняття не передбачає жодних активних дій, окрім періодичного перегляду можливості, щоб переконатися, що вона не зміниться суттєво (рис. 1.6) [7].

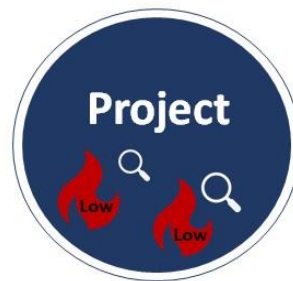


Рисунок 1.6 – Техніка прийняття

- Використання – ця стратегія може бути обрана для високопріоритетних можливостей, коли організація хоче гарантувати, що можливість реалізується. Ця стратегія прагне отримати вигоду, пов'язану з певною можливістю, гарантуючи, що вона обов'язково відбудеться, підвищуючи ймовірність появи до 100%.

- Стратегія ескалації є доречною, якщо команда проекту або спонсор проекту погоджуються, що ризик виходить за рамки проекту або що запропонована відповідь перевищить повноваження керівника проекту.

Підвищені ризики керуються на рівні програми, портфеля чи іншої відповідної частини організації, а не на рівні проекту [1]. Ця стратегія реагування на ризик є доречною, коли можливість виходить за рамки портфеля, програми чи проекту або коли запропонована відповідь перевищує повноваження даного менеджера. Підвищені можливості керуються в програмному домені, домені портфоліо чи іншій відповідній частині організації. Важливо, щоб право власності на розширення можливостей було прийнято відповідною стороною в організації. Можливості зазвичай підвищуються до потрібного рівня, який відповідає цілям, на які це вплине, якби така можливість виникла (рис. 1.7).

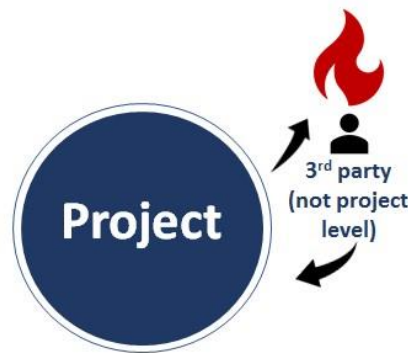


Рисунок 1.7 – Техніка ескалації

Стратегія – це буквально спосіб управління ризиком. Менеджер проекту або власник ризику повинен правильно вибрати цю техніку відповідно до впливу, пріоритету та ймовірності ризику. Оскільки деякі методи хороші лише для ризиків з низьким пріоритетом або лише для негативних ризиків. Таким чином, ймовірність, вплив, пріоритет і стратегія є характеристиками, які взаємно залежать одна від одної [7, 8].

1.3 Складна природа можливості та загрози на проекті

Кожен проект можна оцінити за цілями проекту або його обмеженнями. Обмеженнями проекту є вартість (бюджет), тривалість (час або графік), обсяг і якість у цій статті та відповідно до класичної теорії

управління проектами [6, 9, 10]. Вони є найважливішими в управлінні проектами і можуть допомогти керувати та повідомляти про поточний статус проекту. Таким чином, беручи до уваги важливість обмежень для успіху проекту, ми будемо вважати, що кожен ризик або можливість впливає на кожне обмеження. Тому він має відповідний компонент, який показує вплив ризику на обмеження [11, 13].

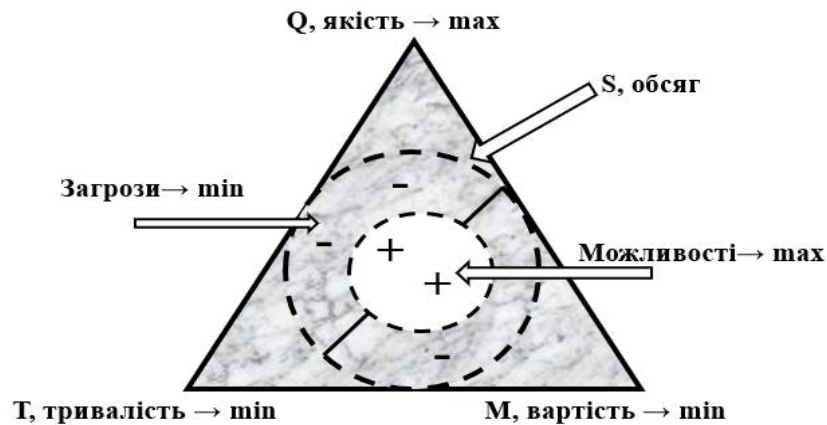


Рисунок 1.8 – Проектний трикутник з загрозами та можливостями

Таку складну природу загрози та можливостей можна представити наступними формулами [12]

$$D_i = \sum_{i=1}^n P_{id} \cdot (V_{idb} + V_{idt} + V_{ids} + V_{idq}) \quad (1.4)$$

$$C_i = \sum_{i=1}^m P_{ic} \cdot (V_{icb} + V_{ict} + V_{ics} + V_{icq}) \quad (1.5)$$

Де i – значення з 1 до n або m , n – кількість загроз на проєкті, D_i – i -а загроза на проєкті, P_{id} – ймовірність появи i -ї загрози з 0 to 1, V_{idb} – значення впливу i -ї загрози на бюджет проєкту з -10 до 0, V_{idt} – значення впливу i -ї загрози на час та графік проєкту з -10 до 0, V_{ids} – значення впливу i -ї загрози на обсяг проєкту від -10 до 0, V_{idq} – значення впливу i -ї загрози на якість

проєкту від -10 до 0; m – кількість можливостей на проєкті, C_i – i -а можливість на проєкті, P_{ica} – ймовірність виникнення i -ї можливості від 0 до 1, V_{ica} – значення впливу i -ї можливості на бюджет проєкту від 0 до 10, V_{ict} – значення впливу i -ї можливості на час та графік проєкту від 10 до 0, V_{ics} – значення впливу i -ї можливості на обсяг проєкту від 10 до 0, V_{icq} – значення впливу i -ї можливості на якість проєкту від з 0 до 10.

Розглядаючи комплексну природу ризику з відповідними виділеними компонентами, пов'язаними з обмеженнями проєкту, проєктний менеджер має інструмент щодо управління як загрозами так и можливостями з інтеграцією управління ризиками до управління іншими доменами проєкту, а саме управління обсягом, управління якість, управління розкладом та управління бюджетом, що без перебільшень можна узагальнити та назвати базовими складовими управлінням проєкту [14].

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПИСУ І ОЦІНКИ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛЮДИНО-МАШИНИХ СИСТЕМ

2.1 Аналіз розробок з питань опису і оцінки людино-машинної взаємодії

Четверта промислова революція внесла кардинальні зміни в життя і діяльність людей. Швидкими темпами продяться мироприємства з впровадження засобів автоматизації, роботів, штучного інтелекту.[15 – 24].

Змінюється сам принцип побудови систем управління виробництвом у промисловості, транспорті сільському господарстві.[25 – 31]

Прогрес та пандемія суттєво змінили процес навчання. Масштабно впроваджується e-learning [25 – 41].

На жаль, крім позитивних моментів спостерігаються і певні загрози [42 – 53].

Збільшуються ризики, пов'язані з аваріями, екологічними катастрофами, смертями людей тощо [54 – 61]. Оператори часто працюють в умовах стресу і в умовах напруженості.[61 – 70].

Як ніколи підносяться вимоги до ергономічного забезпечення автоматизованих систем.[70 – 74].

В основу будь якої автоматизації повинні бути покладені принципи «людино-орієнтованого підходу [75 – 79] і системного врахування людського фактору.

За даними Safe Work Ukraine, загальна економічна вартість виробничих травм та захворювань оцінюється в 20 мільярдів доларів.

Ергономіка має на меті: покращити робочі місця та навколишнє середовище, щоб мінімізувати ризик травмування чи заподіяння шкоди та створити безпечні, комфортні та продуктивні робочі простори шляхом залучення людських здібностей та обмежень у дизайн робочого простору, включаючи розмір тіла, силу, вміння, швидкість, сенсорні здібності людини (зір, слух) та навіть ставлення.

Протягом останніх років завдання ергономічного забезпечення автоматизованих систем (АС) набувають величезної актуальності [80 – 86]. У зв'язку з цим розробляються мат. моделі та засоби, спрямовані на виявлення ергономічних резервів забезпечення ефективності АС [87 – 94].

Більшість досліджень присвячено опису, оцінці та оптимізації діяльності людини-оператора [95 – 98], дослідженню умов праці операторів [43, 99, 100]. Велика увага приділяється прогнозуванню своєчасності і безпомилковості діяльності [101 – 114]. Сформовано наукові школи системного аналізу АС [60, 80 – 82], кібернетики та системотехнічних досліджень [71, 98], психофізіології та наукової організації праці [64 – 69] і ергономіки [53 – 59], охорони праці [43], гібридного інтелекту [20, 23, 55], біометрії [33, 55].

Різноманітні ергономічні дослідження діяльності операторів проводилися в напрацюваннях різних вчених: [40 – 80].

У роботах Абашина [33], в яких досліджується моніторинг людини з використанням аналізу клавіатурного почерку, графічно продемонстровано збільшення публікацій, що пов'язані з реалізацією людино – машинної взаємодії за допомогою біометричних даних, з кожним роком.

Шляхом опитування вчених, що працюють в області ергономіки та аналізу сучасних досліджень були визначені такі пріоритетні задачі [43, 80 – 104]:

- методологія;
- біомеханіка та психофізіологія;
- сприйняття інформації, мислення, прийняття рішень;
- організаційні і психологічні фактори;
- робоче середовище;
- моделювання діяльності операторів;
- оцінка надійності.

Однією з найпопулярніших є саме моделювання діяльності [57,] (теорія діяльності А.Н. Леонтьєва і С.Л. Рубінштейна), а також функціонально-

структурна теорія А.І. Губінського, В.І. Євграфова, П.І. Падерно, П.П. Чабаненко, А.Т. Ашєрова та інших [66-80].

Але всі ці дослідження та розробки мають деякі недоліки:

- орієнтовані на незмінну функціональну структуру системи;
- не орієнтовані на використання моделей поточного стану системи;
- не враховують можливості порушення алгоритму роботи оператором, що може призвести до різних збитків;
- не дають можливості швидко отримати оцінку надійності реалізації різних варіантів діяльності оператора.

2.2 Метод опису людино-машинної взаємодії

В дослідженнях [115 – 121] показано, що найбільш вдалим методом опису людино-машинної взаємодії є функціональна мережа. Для опису алгоритмів діяльності людини-оператора розроблена спеціальна мова функціональних мереж [112 – 114]: операціям алгоритму ставляться у відповідність типові функціональні одиниці. В залежності від призначення, типові функціональні одиниці розділяють на функціонери та композиціонери.

Функціонери (Р) відповідають реальним операціям (діям) людини-оператора, робочим операціям технологічного обладнання, операціям, які виконує ЕОМ та програмні засоби в процесі функціонування системи.

Серед функціонерів виділяють:

- робочі операції;
- логічні (альтернативні) операції;
- операції затримки;
- контроль функціонування;
- контроль працездатності.

До робочих відносяться операції, які спрямовані на досягнення деякого конкретного результату (включення кнопки, переміщення важеля, виявлення та сприйняття сигналу, обробка інформації і т.п.).

Логічні операції відповідають перевірці дотримання деякої умови та вибору подальшого шляху реалізації процесу.

Операція затримки не здійснює будь-яких дій на об'єкт та відповідає припиненню на деякий час подальшого розвитку алгоритму функціонування системи.

При контролі функціонування перевіряється правильність виконання однієї або декількох попередніх операцій.



При контролі працездатності перевіряється працездатність технічних засобів.

Приклади функціонерів наведені в таблиці 1.

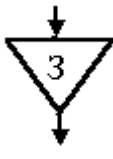
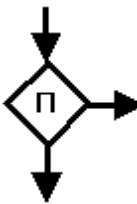
Таблиця 2.1 – Приклади функціонерів

| Типові функціональні одиниці (ТФО) | Умовне позначення | Показники | |
|------------------------------------|---|-------------|--|
| | | Позначення | Визначення |
| Робоча операція |  | $V^1 (V^0)$ | Вірогідність безпомилкового (помилкового) виконання операції |
| | | $M(T)$ | Математичне очікування часу виконання операції |
| | | $D(T)$ | Дисперсія часу виконання операції |

Продовження табл. 2.1

| Типові функціональні одиниці (ТФО) | Умовне позначення | Показники | |
|------------------------------------|---|-----------------------|---|
| | | Позначення | Визначення |
| Альтернативна операція |  | A_i | Об'єктивна вірогідність вибору i -ї альтернативи |
| | | A_{ij} | Вірогідність того, що при необхідності вибору i -ї альтернативи вибрана j -а альтернатива |
| | | $M(T)$ | Математичне очікування часу виконання операції |
| | | $D(T)$ | Дисперсія часу виконання операції |
| Контроль функціонування |  | K^{11} (K^{10}) | Умовна вірогідність того, що операція, яка перевіряється, при фактично правильному виконанні буде признана правильною (неправильною) ($K^{11}+K^{10}=1$) |
| | | K^{00} (K^{01}) | Умовна вірогідність того, що операція, яка перевіряється, при фактично неправильному виконанні буде признана неправильною (правильною) ($K^{00}+K^{01}=1$) |
| | | $M(T)$ | Математичне очікування часу виконання операції |
| | | $D(T)$ | Дисперсія часу виконання операції Цей функціонер має два виходи:  - операція признана правильною;  - операція признана неправильною. |

Продовження табл. 2.1

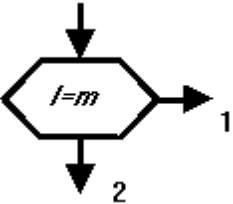
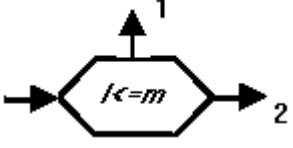
| Типові функціональні одиниці (ТФО) | Умовне позначення | Показники | |
|------------------------------------|---|-----------------------|--|
| | | Позначення | Визначення |
| Затримка |  | M(T) | Математичне очікування часу виконання операції |
| | | D(T) | Дисперсія часу виконання операції |
| Контроль працездатності |  | $R^1 (R^0)$ | Вірогідність відсутності (наявності) відмов в об'єкті, який контролюється |
| | | $\Pi^{11} (\Pi^{10})$ | Умовна вірогідність того, що при фактично працездатному стані технічних засобів, які перевіряються, вони будуть признані працездатними (непрацездатними) ($\Pi^{11} + \Pi^{10} = 1$) |
| | | $\Pi^{00} (\Pi^{01})$ | Умовна вірогідність того, що при фактично непрацездатному стані технічних засобів, які перевіряються, вони будуть признані непрацездатними (працездатними) ($\Pi^{00} + \Pi^{01} = 1$) |
| | | M(T) | Математичне очікування часу виконання операції |
| | | D(T) | Дисперсія часу виконання операції Цей функціонер має два виходи: ↓ - технічні засоби працездатні; → - технічні засоби непрацездатні. |

До композиціонерів (К) відносяться елементи, які відмічають початок або закінчення деякої групи операцій, з'єднувачі та роз'єднувачі операцій, обмежувачі циклів. Приклади композиціонерів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2.2 – Приклади композиціонерів

| Найменування | Умовні позначення | Характеристики |
|----------------------|---|---|
| Стартер невизначений |  | Початок процесу |
| Фінішор невизначений |  | Закінчення процесу |
| Стартер «І» |  | Обидві операції, які виконуються паралельно, починаються одночасно |
| Стартер «АБО вкл.» |  | З двох функціонально можливих операцій може початися будь-яка або обидві разом |
| Стартер «АБО викл.» |  | З двох функціонально можливих операцій може початися тільки одна |
| Фінішор «І» |  | Комплекс паралельних операцій вважається закінченим, коли завершилися обидві операції |
| Фінішор «АБО викл.» |  | Комплекс паралельних операцій вважається закінченим, коли завершилась тільки одна операція |
| Фінішор «АБО вкл.» |  | Комплекс паралельних операцій вважається закінченим, коли завершилась принаймні одна операція |

Продовження табл. 2.1

| Найменування | Умовні позначення | Характеристики |
|-----------------|---|--|
| Циклоформувавч |  | <p>При кожному вході в циклоформувавч підсумовується і заповнюється підсумкове число входів в циклоформувавч l, при цьому, поки фактичне число входів менше заданого значення ($l <= m$), реалізується вихід 1 (продовження циклів), при досягненні $l = m + 1$ реалізується вихід 2 (перехід до наступної операції)</p> |
| Цикло-обмежувач |  | <p>При кожному вході в циклообмежувач підсумовується і заповнюється підсумкове число входів в циклообмежувач l, при цьому, поки фактичне число входів менше заданого значення ($l <= m$), реалізується вихід 1 (дозвіл на продовження циклів), при досягненні $l = m + 1$ реалізується вихід 2 (цикли припиняються)</p> |

Застосовуються різні способи підвищення надійності діяльності людини-оператора. Це, насамперед, введення різних форм контролю за безпомилковістю його роботи. З них потрібно вибрати оптимальний з урахуванням вартості та ефективності.

ВИСНОВКИ

На основі робіт проф. А.І. Губінського розроблялась концепція «Автоматизованої системи наукових досліджень, проектування та випробувань (АСНДПВ) людино-машинних систем. На жаль, з ряду причин, розробка не стала окремим, цільним продуктом, а лише обмежилася створенням окремих фрагментів АСНДПВ. Серед інших засобів автоматизованої оцінки ЛМС [55, 72, 82] – розробки А.Н. Адаменка («МАСТАК»), Е.Б. Цоя й М.Г. Грифа, Є.А. Лаврова й А.В. Кошмана, А.П. Ротштейна, С.Д. Штовби та ін. Ці програмні засоби могли бути використані для деяких завдань оцінки й оптимізації алгоритмів діяльності операторів. Але основний їх недолік – це те, що вони є застарілими, адже розроблені для застарілого програмного і апаратного забезпечення, що робить їх практично недоступними для сучасних ПК.

Серед сучасних розробок, які можуть бути проаналізовані в якості продуктів-аналогів, можна виділити роботи Н.Б. Пасько та Н.Л. Барченко – задача оптимального розподілу функцій між операторами поліергатичних систем та задача вибору оптимального діалогу в e-learning [35, 36, 114 – 125]. Але обидві сукупності робіт мають декілька недоліків, в програмах відсутні можливості багатокритеріального вибору одного з декількох можливих (альтернативних) алгоритмів, що враховують особливості діяльності людини-оператора, і також відсутні моделі, які дають змогу швидко змінювати (залежно від поточних результатів діяльності) структуру алгоритмів людино-машинної взаємодії.

Незважаючи на великі напрацювання в області ергономічного забезпечення складних систем для створення систем підтримки прийняття рішень необхідно доповнити існуючі розробки бібліотеками моделей, які орієнтовані на функціонально-структурну теорію професора Анатолія Ілліча Губінського і забезпечують моніторинг функціонального стану операторів та прогнозування надійності операторів на основі моделі взаємодії «людина-

комп'ютер» на основі побудові алгоритму діяльності в вигляді функціональної мережі, а також Формування бібліотеки оптимізаційних моделей для оптимізації діалогу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Продіус О. І., Прокоф'єва В. К. Історичні передумови розвитку проєктного управління // Економіка та підприємництво, 2019 р., № 3 (108) – С. 146.
2. Danchenko O. B Opportunity Management overview in terms of the Risk Management in the software development industry standards / Danchenko O. B, Shendryk V. V., Hrabina K. V. // XV International scientifically practical conference, 2019 p. – С. 88.
3. CMMI for Development, Version 1.3 – CMMI, 2010 – 482 p.
4. Тесленко П.А. Эволюционная теория и синергетика в управлении проектами // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.праць. – Луганськ: вид-во Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля, 2010 р. – № 4 (36). – С. 38 – 43.
5. Моделі та методи управління ризиками портфелів проєктів в енергетичній галузі [Текст] : дисертація, канд. техн. наук : 05.13.22 / Семко Інга Борисівна, – Черкаси, 2012. – 165.
6. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Sixth Edition / USA. – PMI, 2017. – 756 p.
7. Practice Standard for Project Risk Management / USA. – PMI, 2019. – 116 p.
8. Грабіна К. В., Шендрик В. В. Аналіз та порівняння методів управління ризиками проєктів сервісних ІТ-компаній // Міжнародна науково-практична конференція ‘Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проєктами і програмами’ (ММП-2020), Коблево, – 2020 р., С. 49 – 53
9. Сьомкіна Т. В., Литвинова О. В., Лобань О. О. Особливості моделей функціонування ІТ-компаній в Україні // Науковий вісник Ужгородського національного університету. – 2018. – 19. – 84 – 87.

10. Грабіна К. В., Шендрик В. В. Ризик менеджмент як інструмент планування успішних ІТ-проектів // Міжнародна конференція «Інформатика, математика, автоматика», ІМА-2021, С. 76 – 77.
11. Грабіна К. В., Шендрик В. В., Данченко О. Б. Складові управління ризиками ІТ-проектів // VIII Міжнародна науково-практична конференція «Інформатика. Культура. Технології» ІКТ–2021, С. 124 – 126.
12. Hrabina K., Shendryk V., Danchenko O. Target models of integrated risk management for IT projects // DOI: 10.24412/9215-0365-2021-71-1-55-61 // The scientific heritage №71 ISSN 9215 — 0365, – P. 55 – 61, <http://www.tsh-journal.com/ru/publisher/>.
13. Грабіна К. В., Шендрик В. В. Огляд процесів управління ризиками в ІТ-проектах в контексті стандартів проектного менеджменту // DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.26-32> // Управління розвитком складних систем. – 2020. – №43. – С. 26 – 32.
14. Данченко О.Б. Методологія маркованого управління відхиленнями в проектах // Автореферат на здобуття докторської дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук – Київський національний Університет Будівництва та Архітектури – Київ 2015, С. 45.
15. R. Y. Zhong, X. Xu, E. Klotz, et al., «Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review,» Engineering, vol. 3, no. 5, pp. 616–630, 2017.
16. M P. Xu, J. Wang, M. Yang, W. Wang, Y. Bai, Y., and Y. Song, «Analysis of operator support method based on intelligent dynamic interlock in lead-cooled fast reactor simulator,» Annals of Nuclear Energy, vol. 99, pp. 279–282, 2017.
17. P. C. Li, L. Zhang, L. C. Dai and X. F. Li, «Study on operator’s SA reliability in digital NPPs. Part 1: The analysis method of operator’s errors of situation awareness,» Annals of Nuclear Energy, vol. 102, pp. 168–178, 2017.
18. E. S. Ogurtsov et al , «Microcontroller navigation and motion control system of the underwater robotic complex», ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 11, no. 9, pp. 3110–3121, 2016.

19. E A Vereschagina et al Building of a digital model of aluminum electrolysis modes 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1889 022001.
20. V. A. Sedov, N. A. Sedova and S. V. Glushkov, «The fuzzy model of ships collision risk rating in a heavy traffic zone,» *Vibroengineering PROCEDIA*, vol. 8, pp. 453–458, 2016.
21. Zolkin, A.L., et al. Creation of a software and hardware product of a real-time system for collecting, accounting and managing data transmission of an intelligent transport system in context of the IoT *Journal of Physics: Conference Series* , 2094(5),052059.
22. Bazhenov, R. et al.. Applying machine learning methods to forecasting customer churn for a telecommunications company *CEUR Workshop Proceedings 2021* 2843.
23. Nelly A. Sedova et al. Assessment the collision risk level for an autonomous unmanned ship involving fuzzy logic and neural network technologies /*Marine intellectual technologies / № 4 part 3, 2021* pp128-134.
24. G. V. Verkhova, S. V. Akimov, «Electronic educational complex for training specialists in the field of technical systems management,» in *Proceedings of IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS)*, pp. 26–29), 2017.
25. Burov, O. et al. (2021). Cognitive Performance Degradation in High School Students as the Response to the Psychophysiological Changes. In *Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1201 AISC, pp. 83–88)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51041-1_12.
26. Pinchuk, O. et al . (2020). ICT for training and evaluation of the solar impact on aviation safety. In *CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2732, pp. 786–792)*. CEUR-WS.
27. Burov, O. et al (2020). Cybersecurity in educational networks. In *Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1131 AISC, pp. 359–364)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_56.

28. Лавров Е. А. Подход к обеспечению эргономического качества информационной среды вуза//Труды Международной научно-практической конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014»(Эрго 2014) Под редакцией. А. Н. Анохина, П. И. Падерно, С. Ф. Сергеева. Санкт-Петербург, 2014. — С. 70–76.
29. Khramova, L. N. et al (2018). Modern managers training in the context of competence approach. *Journal of Social Sciences Research*, 2018(Special Issue 5), 194–199. <https://doi.org/10.32861/jssr.spi5.194.199>.
30. Лавров Е.А., Клименко А. В. Компьютеризация управления вузом. — Суми: Видавництво «Довкілля», 2005. — 307с.
31. Лавров Е.А., Клименко А.В., Палт М.В., Трубников Ю. В. Система компьютерного управления университетом. — М: Экономический факультет МГУ им. Ломоносова, ТЕИС, 2005. — 32с.
32. Лавров Е.А., Барченко Н. Л. Измерение параметров оператора для систем эргономического обеспечения обучающих сред // Вісник Сумського національного аграрного ун-ту.-Сер.»Механізація та автоматизація виробничих процесів». — Суми, 2011. — Вип.8(23). — С.110–121.
33. Абашин В. Г. Адаптивная математическая модель мультибиометрической подсистемы определения работоспособности человека-оператора АРМ на основе нечетких множеств// Информационные системы и технологии. 2011. — № 5(67). С. 90–96.
34. Лавров Е.А., Барченко Н. Л., Демиденко Д. Перспективы оценки функционального состояния оператора в системе «студент-компьютер» // Матеріали Третьої міжнародної науково-практичної конференції, м. Суми, 14–16 травня 2014 р. — Суми: СумДУ, 2014 — С. 93–94.
35. Лавров Е.А., Барченко Н. Л. Агент-менеджер в системе эргономического обеспечения электронного обучения //Бионика интеллекта. — 2013. — № 2 (81). — С. 115–120.
36. Лавров Е.А., Барченко Н. Л. Многоуровневая адаптация в университетских обучающих средах// В сборнике: Научно-образовательная

информационная среда XXI века. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции, Петрозаводск, Н. С. Рузанова (отв. редактор). 2015.- Петрозаводск, 2015.- С. 118–122.

37. Lavrov, E., Siryk, O., & Chabanenko, P. (2020). A method to ensure the effectiveness and attractiveness of e-learning. Human-oriented systemic ergonomic approach. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2732, pp. 572–582). CEUR-WS.

38. P. Semingson, M. Crosslin, J. Dellinger. «Microlearning as a tool to engage students in online and blended learning,» in Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, 2015, pp. 474–479.

39. Ashraf, H. El-Bakry and M. Samir Abd El-razek. «Handling Big Data in E-Learning,» International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology, vol.3(1), pp.47–51, 2015.

40. Khramova, L. N. et al (2018). Modern managers training in the context of competence approach. Journal of Social Sciences Research, 2018(Special Issue 5), 194–199. <https://doi.org/10.32861/jssr.spi5.194.199>.

41. E. Lavrov and O. Lavrova «Intelligent adaptation method for human-machine interaction in modular E-learning systems», in. Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops, Kherson, Ukraine, June 12-15, pp.1000-1010, 2019.

42. R. Bloomfield, R. Bloomfield, J. Lala, «Safety-Critical Systems. The Next Generation, « in IEEE Security & Privacy, vol. 11, no. 4, pp. 11–13, 2013.

43. Rotshtein, «Reliability-based design of human performance conditions using fuzzy perfection «, Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 55, No. 2, pp 240-252, 2019. DOI 10.1007/s10559-019-00128-5

44. Burkov, E. A. et al. (2020). Analysis of Impact of Marginal Expert Assessments on Integrated Expert Assessment. In Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020 (pp.

14–17). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

<https://doi.org/10.1109/SCM50615.2020.9198772>.

45. Burov O. et al (2020). Cybersecurity in educational networks. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1131 AISC, pp. 359–364). Springer.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_56.

46. E. Basan, A. Basan and O. Makarevich, «Evaluating and Detecting Internal Attacks in a Mobile Robotic Network,» in *2018 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC)*, Zhengzhou, China, 2018, pp. 516-5168, 2018,. DOI: 10.1109/CyberC.2018.00102.

47. N. Zhirabok, N. A. Kalinina and A. E. Shumskii, «Technique of monitoring a human operator's behavior in man-machine systems,» *Journal of Computer and Systems Sciences International*, vol. 57, no. 3, pp. 443–452, 2018.

48. M P. Xu, J. Wang, M. Yang, W. Wang, Y. Bai, Y., and Y. Song, «Analysis of operator support method based on intelligent dynamic interlock in lead-cooled fast reactor simulator,» *Annals of Nuclear Energy*, vol. 99, pp. 279–282, 2017.

49. P. C. Cacciabue, «Human error risk management for engineering systems: a methodology for design, safety assessment, accident investigation and training,» *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 83, issue 2, pp. 229–269, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2003.09.013>.

50. J. Dul, R. Bruder, P. Buckle, P. Carayon, P. Falzon and W. S. Marraset, «A Strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession,» *Ergonomics*, vol. 55(4), pp. 377–395, 2012. DOI:

<https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>.

51. E. Lavrov, A. Volosiuk, N. Pasko, V. Gonchar and G.Kozhevnikov, «Computer Simulation of Discrete Human-Machine Interaction for Providing Reliability and Cyber-security of Critical Systems,» in *Proceedings of the Third International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments (Ergo-2018)*, St. Petersburg, Russia, July 4–7, 2018, pp. 67–70, 2018, DOI:/10.1109/ERGO.2018.8443846.

52. Belov and E. Ulaeva, «Mathematical model of incident management in the composite applications,» in International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS), St. Petersburg, 2017, pp. 477–480. DOI: <https://doi.org/10.1109/ITMQIS.2017.8085866>.
53. M. Havlikovaa, M. Jirglb and Z. Bradac, «Human Reliability in Man-Machine Systems,» *Procedia Engineering*, vol. 100, pp. 1207–1214, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.485>.
54. M. G. Grif, O. Sundui and E. B. Tsoy, «Methods of desingning and modeling of man–machine systems,» in Proc. of International Summer workshop Computer Science, 2014, pp. 38–40.
55. Адаменко АН, Ашеров АТ, Бердников ИЛ. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник. М.: Машиностроение. 1993;528.
56. Z. Wu, X. Pan, Huixiong Wang and J. Chen, «Influence of work motivation and task difficulty on human reliability,» in Second International Conference on Reliability Systems Engineering (ICRSE), Beijing, 2017, pp.1-5, doi: [10.1109/ICRSE.2017.8030722](https://doi.org/10.1109/ICRSE.2017.8030722).
57. X. Pan, C. He and T. Wen, «A review of factor modification methods in human reliability analysis,» in 10th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS), Guangzhou, 2014, pp. 429-434, doi: [10.1109/ICRMS.2014.7107233](https://doi.org/10.1109/ICRMS.2014.7107233).
58. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник/ Адаменко А. Н., Ашеров А. Т., Лавров Е. А. и др. под общ. ред. Губинского А. И. и Евграфова Е. Г.- М., Машиностроение, 1993. — 528 с.
59. E. S. Torres, D. Celeita and G. Ramos, «State of the art of Human Factors Analysis Applied to Industrial and Commercial Power Systems,» in 2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy

Systems (ICPEICES), Delhi, India, 2018, pp.33-38. doi:

10.1109/ICPEICES.2018.8897323.

60. T. Gu, L. Li, M. Lu and J. Li, «Research on the calculation method of information security risk assessment considering human reliability,» in 10th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS), Guangzhou, 2014, pp. 457-462. doi: 10.1109/ICRMS.2014.7107238.

61. Шлаен П. Я. Эргономика для инженеров: Эргономическое обеспечение проектирования человеко-машинных комплексов: проблемы, методология, технологии / П. Я. Шлаен, В. М. Львов. Тверь : ТвГУ, 2004. 476 с.

62. Горячкин Б.С. Эргономический анализ систем обработки информации и управления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017).

63. Бояркин М. А. Оценка результатов деятельности оператора-технолога нефтегазопромысла по данным архива SCADA-системы : автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.13.01 / Бояркин Михаил Александрович; Тюменский государственный нефтегазовый университет. Тюмень, 2017. 16 с.

64. Сатторов Ф. Э. Метод и алгоритмы распределения функциональных возможностей пользователей в системах обработки информации : автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.13.01 / Сатторов Фаррух Эътиборович ; Санкт–Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ». Спб., 2019. 19 с.

65. Изотова Е. А. Эргономическое обеспечение деятельности сварщиков в условиях действия высокой температуры / Е. А. Изотова // Вестник Харьковского национального автомобильно–дорожного университета. 2013. Вып. 18. С. 50–60.

66. Шевяков А. В. Эргономическое совершенствование дисплейных видеокадров и характеристик деятельности операторов в крупномасштабных производствах. На примере АСУ ТП прокатного стана : автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.20 / Шевяков Александр Владимирович ; Всероссийский научноисследовательский институт технической эстетики. М., 2020. 25с.

67. Доровський В.О. Ідентифікація професійних знань операторів автоматизованих систем управління : автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.13.06 / Доровський Володимир Олексійович ; Херсонський держ. технічний ун-т. Херсон, 2014. 36 с.
68. Бояркин М. А. Оценка результатов деятельности оператора-технолога нефтегазопромысла по данным архива SCADA-системы : автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Бояркин Михаил Александрович ; Тюменский государственный нефтегазовый университет. Тюмень, 2017. 16 с.
69. Автотранспортна експертиза: підручник / В. К. Доля, Ю. О. Давідіч, А. І. Лозовий та ін. Х. : ХНАМГ, 2011. 422 с.
70. Ашерев А.Т. Ергономіка інформаційних технологій: оцінка, проектування, експертиза. Навч.посіб. / А.Т. Ашерев, Г.І. Сажко, Харків: УПА, 2005, 243 с.
71. Анохин А. Н. Вопросы эргономики в ядерной энергетике /А. Н. Анохин, В. А. Острейковский. М. : Энергоатомиздат, 2021. 344 с.
72. Ашерев А. Т. Научные и методические основы эргономической подготовки инженеров-педагогов в компьютерной отрасли / А. Т. Ашерев, Г. І. Сажко. Горловка : Ліхтар, 2008. 170 с.
73. Доля В. К. Міські і регіональні проблеми ергономіки і логістики / В. К. Доля, Ю. О. Давідіч, О. О. Лобашов та ін. Х.: НТМТ, 2011. 201 с.
74. Доля В. К. Проблемы эргономики и логистики в транспортных системах міст / Е. В. Гаврилов, Ю. О. Давідіч, В. Ф. Харченко та ін. Горлівка: ПП «Видавництво Ліхтар», 2019. 516 с.
75. Доля В. К. Аспекти ергономіки і логістики в транспортних системах міст / В. К. Доля, С. С. Овчинников, К. Є. Вакуленко та ін. Х.: НТМТ, 2021. 217 с.
76. Давідіч Ю. О. Проектування автотранспортних технологічних процесів з урахуванням психофізіології / Ю. О. Давідіч. Харків : ХНАДУ, 2006. 292 с.
77. Давідіч Ю. О. Теоретичні основи ергономічного забезпечення автотранспортних технологічних процесів : автореф. дис... д-ра техн. наук:

- 05.22.01; 05.01.04 / Давідіч Юрій Олександрович ; Харківська національна академія міського господарства. Х., 2007. 42 с.
78. Волобуева Т. В. Эргономическая оценка обучения водителя поведению в стрессовых дорожно-транспортных ситуациях : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.01.04 / Волобуева Татьяна Вячеславовна ; Харьковская национальная академия городского хозяйства. Харьков, 2011. 21с.
79. Рева О. М. Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування: Монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. В. Недбай ; За ред. О. М. Реви. Рівне: «Овід», 2010. 106 с.
80. Чабаненко П. П. Исследование безопасности и эффективности функционирования систем человек-техника эргосетями / П. П. Чабаненкою. Севастополь, 2012. 160 с.
81. E. Lavrov, N. Pasko, «Automation of assessing the reliability of operator's activities in contact centers that provide access to information resources,» in Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kyiv, Ukraine, May 14-17, 2018, vol. I: Main Conference, pp. 445-448.
82. E. Lavrov, N. Pasko, «Development of Models for Computer Systems of Processing Information and Control for Tasks of Ergonomic Improvements,» in International Conference on Information and Software Technologies, ICIST 2018, Vilnius, Lithuania, October 4–6, 2018, pp. 98–100. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99972-2_8.
83. E. Lavrov, N. Pasko, O. Lavrova and N. Savina, «Models for the Description of Man-Machine Interaction for the Tasks of Computer-Aided Assessment of the Reliability of Automated Systems,» in 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 176-181. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847767.
- E. Lavrov, N. Pasko, A. Krivodub, «Automated analysis of ergonomic measures in discrete control systems,» Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 4(3), pp.16-22, 2015. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.48050.

- E. Lavrov, N. Pasko, P. Paderno, A. Volosiuk, V. Kyzenko, «Decision Support Method for Ensuring Ergonomic Quality in Polyergatic IT Resource Management Centers,» in 2017 IEEE III International Conference on Control in Technical Systems (CTS), St. Petersburg, 2019, pp. 153-156.
84. E. S. Ogurtsov, V. A. Kokoreva, S. F. Ogurtsov, T. et al «Microcontroller navigation and motion control system of the underwater robotic complex», ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 11, no. 9, pp. 3110–3121, 2016.
85. Burkov, E. A. et al(2020). Analysis of Impact of Marginal Expert Assessments on Integrated Expert Assessment. In Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020 (pp. 14–17). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
<https://doi.org/10.1109/SCM50615.2020.9198772>.
86. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Mukoseev, V., & Dubovyk, S. (2020). Automation of reliability assessment of functional elements of flexible automated production based on functional network methodology. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2740, pp. 357–364). CEUR-WS.
87. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Burov, O., & Osadchyi, V. (2020). Ergonomics of cyberspace. mathematical modeling to create groups of operators for error-free and timely implementation of functions in a distributed control system. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2740, pp. 380–385). CEUR-WS.
88. Lavrov, E., Paderno, P., Burkov, E., Volosiuk, A., & Lung, V. D. (2020). Expert assessment systems to support decision-making for sustainable development of complex technological and socioeconomic facilities. In E3S Web of Conferences (Vol. 166). EDP Sciences.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016611002>.
89. Lavrov, E., Pasko, N., & Siryk, O. (2020). Information technology for assessing the operators working environment as an element of the ensuring automated systems ergonomics and reliability. In Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and

- Computer Engineering, TCSET 2020 (pp. 570–575). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235497>.
90. Lavrov, E. A., Paderno, P. I., Burkov, E. A., Siryk, O. E., & Pasko, N. B. (2020). Information Technology for Modeling Human-machine Control Systems and Approach to Integration of Mathematical Models for Its Improvement. In Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020 (pp. 117–120). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SCM50615.2020.9198791>.
91. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Burov, O., & Natalia, M. (2020). Mathematical Models for Reducing Functional Networks to Ensure the Reliability and Cybersecurity of Ergatic Control Systems. In Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2020 (pp. 179–184). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235418>.
92. Burov, O. et al. (2020). Self-adjusted data-driven system for prediction of human performance. In Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1131 AISC, pp. 282–287). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_45.
93. Панфілов Ю. І. Психологічні основи забезпечення ефективності спільної діяльності операторів військ протиповітряної оборони : автореф. дис ... канд. психол. наук: 19.00.03 / Панфілов Юрій Іванович ; В.о. Укр. інженерно-пед. акад. Харків : [б.в.], 207.19 с. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Kisel, N., & Sedova, N. (2020). The method of teaching IT students computer analysis of ergonomic reserves of the effectiveness of automated control systems. In E3S Web of Conferences (Vol. 166). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016610017>.
94. Lavrov, E., Lavrova, O., Pasko, N., Kyzenko, V., & Savina, N. (2019). Assessment of the reliability of a human operator in access systems to information resources. In 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings

(pp. 51–56). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

<https://doi.org/10.1109/PICST47496.2019.9061495>.

95. Lavrov, E. A., Paderno, P. I., Volosiuk, A. A., Pasko, N. B., & Kyzenko, V. I. (2019). Automation of Functional Reliability Evaluation for Critical Human-Machine Control Systems. In Proceedings of 2019 3rd International Conference on Control in Technical Systems, CTS 2019 (pp. 144–147). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CTS48763.2019.8973294>.

96. Герасимов Б. М. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: теория, синтез, эффективность / Б. М. Герасимов, В. А. Тарасов, И. А. Левин, В. А. Корнийчук. Киев: МАКНС, 2017. 336 с.

97. Васильев М. В. Закономірності діяльності рятувальників в системі «рятувальник - засоби захисту та ліквідації аварії – надзвичайна ситуація з викидом небезпечної хімічної речовини» : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.01.04 / Васильев Михайло Валерійович ; Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. Харків, 2015. 24 с.

98. Lavrov, E. A., Paderno, P. I., Volosiuk, A. A., Pasko, N. B., & Kyzenko, V. I. (2019). Decision Support Method for Ensuring Ergonomic Quality in Polyergatic IT Resource Management Centers. In Proceedings of 2019 3rd International Conference on Control in Technical Systems, CTS 2019 (pp. 148–151). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

<https://doi.org/10.1109/CTS48763.2019.8973265>.

99. Lavrov, E., Kozhevnykov, G., Pasko, N., Gonchar, V., & Mukoseev, V. (2019). Improvement for Ergonomic Quality of Man-Machine Interaction in Automated Systems based on the Optimization Model. In 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 - Proceedings (pp. 735–740). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

<https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2018.8632074>.

100. Lavrov, E., & Lavrova, O. (2019). Intelligent adaptation method for human-machine interaction in modular E-learning systems. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2393, pp. 1000–1010). CEUR-WS.
101. Lavrov, E., Pasko, N., & Borovyk, V. (2019). Management for the Operators Activity in the Polyergatic System. Method of Functions Distribution on the Basis of the Reliability Model of System States. In 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 - Proceedings (pp. 423–428). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2018.8632102>.
102. Lavrov, E., Pasko, N., Lavrova, O., & Savina, N. (2019). Models for the Description of Man-Machine Interaction for the Tasks of Computer-Aided Assessment of the Reliability of Automated Systems. In 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT 2019 - Proceedings (pp. 176–181). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2019.8847767>.
103. Lavrov, E., Barchenok, N., Lavrova, O., & Savina, N. (2019). Models of the dialogue «human-computer» for ergonomic support of e-learning. In 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT 2019 - Proceedings (pp. 187–190). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2019.8847763>.
104. Lavrov, E., & Pasko, N. (2018). Automation of assessing the reliability of operator's activities in contact centers that provide access to information resources. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2105, pp. 445–448). CEUR-WS.
105. Lavrov, E. A., Volosiuk, A. A., Pasko, N. B., Gonchar, V. P., & Kozhevnikov, G. K. (2018). Computer Simulation of Discrete Human-Machine Interaction for Providing Reliability and Cybersecurity of Critical Systems. In Proceedings of the 3rd International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments, Ergo 2018 (pp. 67–70). Institute

of Electrical and Electronics Engineers Inc.

<https://doi.org/10.1109/ERGO.2018.8443846>.

106. Lavrov, E., & Pasko, N. (2018). Development of Models for Computer Systems of Processing Information and Control for Tasks of Ergonomic Improvements. In *Communications in Computer and Information Science* (Vol. 920, pp. 98–109). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99972-2_8.
107. Lavrov, E. A., Pasko, N. B., & Snytyuk, V. E. (2018). Information Technology for Distribution of Functions between Operators as a Means of Improving the Reliability of Polyergatic Systems. In *Proceedings of the 3rd International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments, Ergo 2018* (pp. 71–76). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ERGO.2018.8443832>.
108. Lavrov, E., & Pasko, N. (2018). Optimization of the activity of operators of critical systems by methods of regulating operational tension. In *CEUR Workshop Proceedings* (Vol. 2105, pp. 227–234). CEUR-WS.
109. Lavrov, E., Tolbatov, A., Pasko, N., & Tolbatov, V. (2017). Cybersecurity of distributed information systems. The minimization of damage caused by errors of operators during group activity. In *2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 - Proceedings* (pp. 83–87). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2017.8020071>.
110. Lavrov, E., Pasko, N., Barchenko, N., & Tolbatov, A. (2017). Development of adaptation technologies to man-operator in distributed E-learning systems. In *2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 - Proceedings* (pp. 88–91). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2017.8020072>.
111. Lavrov, E., Barchenko, N., Pasko, N., & Borozenec, I. (2017). Development of models for the formalized description of modular e-learning systems for the problems on providing ergonomic quality of humancomputer interaction. Eastern-

European Journal of Enterprise Technologies, 2(2–86), 4–13.

<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.97718>.

112. Lavrov, E., Tolbatov, A., Pasko, N., & Tolbatov, V. (2017). Ergonomic reserves for improving reliability of data processing in distributed banking systems. In 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 - Proceedings (pp. 79–82). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

<https://doi.org/10.1109/AIACT.2017.8020070>.

E. Lavrov, P. Paderno, O. Siryk, E. Burkov, N. Pasko and V. Nahorny, «Decision Support in Incident Management Systems. Models of Searching for Ergonomic Reserves to Increase Efficiency,» 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 653-658, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467991.

113. E. Lavrov, N. Pasko, O. Siryk, P. Paderno and E. Burkov, «Models and Information Technology for Reliable Design of the Functioning Processes of Flexible Production Systems as Complex Human-Machine Systems,» 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 673-678, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467894.

E. Lavrov, O. Siryk, N. Pasko, P. Paderno and E. Burkov, «Reliability of Human-Machine Interaction in Distributed Information Environments. Models for Morphological Analysis and Optimization of Group Activities,» 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 679-684, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9468043.

114. P. I. Paderno et al, «Expert Classification: Probabilistic Estimates,» 2021 XXIV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), 2021, pp. 28-31, doi:10.1109/SCM52931.2021.9507116.

115. P. I. Paderno et al «Expert Classification: Resource-Based Approach,» 2021 XXIV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), 2021, pp. 31-33, doi:10.1109/SCM52931.2021.9507119.
116. E Lavrov et al Method for assessing the information content of factors forming the cognitive independence of students, 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1840 012066.
- E. A Lavrov et al Analysis of information security issues in corporate computer networks 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1047 012117.
117. Lavrov, E., et al. The Methodology of Managed Functional Networks for Organizing Effective and Adaptive Human-Machine Dialogue in Automated Systems 2021 CEUR Workshop Proceedings 2021 3013, p. 428-437.
118. Burov O. et al. (2021) Influence of Properties of the Nervous System on Cognitive Abilities. In: Ayaz H., Asgher U., Paletta L. (eds) Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 259. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80285-1_14.
119. Lavrov E. et al. (2021) Functional Networks for Modeling and Optimization Human-Machine Systems. In: Sumpor D., Jambrošić K., Jurčević Lulić T., Milčić D., Salopek Čubrić I., Šabarić I. (eds) Proceedings of the 8th International Ergonomics Conference. ERGONOMICS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1313. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66937-9_21 (Volosiuk A. et al. (2021) Mobile App Authentication Systems: Usability Issues for Cyrillic Alphabet Users (Pilot Study). In: Sumpor D., Jambrošić K., Jurčević Lulić T., Milčić D., Salopek Čubrić I., Šabarić I. (eds) Proceedings of the 8th International Ergonomics Conference. ERGONOMICS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1313. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66937-9_26.
120. Lavrov E. et al. (2021) Analysis of Working Conditions and Modeling of Activity Algorithms for Contact-Center Operators. In: Sumpor D., Jambrošić K., Jurčević Lulić T., Milčić D., Salopek Čubrić I., Šabarić I. (eds) Proceedings of the

8th International Ergonomics Conference. ERGONOMICS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1313. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-66937-9_14.