



✉ Correspondence author

O. Yu. Mulesa

oksana.mulesa@uzhnu.edu.ua

Article received 02.04.2023 p.

Article accepted 02.05.2023 p.

UDK 004.023

О. Ю. Мулеса¹, П. П. Горват¹, О. В. Єгорченков^{2,3}, Ю. Ю. Імре¹, Д. Я. Ференс¹, В. О. Коціпак¹¹ Державний вищий навчальний заклад "Ужгородський національний університет", м. Ужгород, Україна² Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна³ Словацький технічний університет у Братиславі, м. Братислава, Словачія

ЛЮДИНО-МАШИННІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ЧИСЛОВИМИ КАНАЛАМИ

Розглянуто проблему прийняття рішень для випадку людино-машинного аналізу вхідних даних. Відзначено, що застосування людино-машинних систем підтримки прийняття рішень дає змогу зменшити часові та грошові витрати. Розглядається багатоканальна система автоматизованого прийняття рішень, яка може генерувати рішення в режимі реального часу на підставі сигналів, які поступають до неї з різних каналів. Всі канали є числовими. Каналами можуть бути як програмні засоби штучного інтелекту, так і компетентні експерти, які дають висновки щодо досліджуваного питання.

Досліджено два випадки: 1) випадок прийняття рішень щодо числової оцінки об'єкта або явища, коли узгоджене рішення має бути числовим; 2) випадок прийняття рішень щодо факту появи об'єкта чи явища, коли узгоджене рішення має бути логічним.

Розроблено 7 правил для визначення числової оцінки об'єкта або явища. Правила дають змогу врахувати оцінки, отримані з різних каналів, та надійності цих каналів. Окремі правила враховують оцінки, отримані з усіх каналів. Є правила, які враховують тільки оцінки тих каналів, надійність яких задовольняє визначені обмеження. Такий підхід забезпечує прийняття достатньо надійного рішення, відповідно до потреб задачі та особи, що приймає рішення.

Розроблено 4 правила для випадку прийняття рішень щодо факту появи об'єкта чи явища. Дані правила, аналізуючи числові оцінки, отримані з каналів, виробляють рішення з множини {True, False}, що відповідає випадкам появи/відсутності явища, що досліджується. Правила враховують надійність каналів, та за побудованою функціональною залежністю, переводять числову оцінку в логічну.

Побудована схема прийняття рішень у багатоканальних людино-машинних системах підтримки прийняття рішень робить можливим довільне збільшення кількості каналів у системі. Використання правил, які відсіюють оцінки, отримані з недостатньо надійних для конкретної проблеми каналів, унеможливить розсіювання результату оцінки через велику кількість каналів.

Вибір правил покладається на особу, що приймає рішення, або на власника проблеми.

Ключові слова: автоматизоване прийняття рішень, узгодження рішень, числові оцінки, надійність каналу.

Вступ / Introduction

Розглядається проблема прийняття рішень у людино-машинних багатоканальних системах підтримки прийняття рішень (СППР) із числовими каналами. Особливістю СППР цього типу є те, що для аналізу даних, поряд із експертами, залучають програмні засоби з алгоритмами штучного інтелекту, що дає змогу пришвидшити власне процеси прийняття рішень, а також зробити їх істотно менш витратними, шляхом виключення з деяких етапів дорогіших експертів. Такі програмні продукти використовуються в різних сферах людської діяльності, серед яких охорона здоров'я, виробництво, авіація тощо [1]. Розроблення нових правил для вироблення варіантів рішень у СППР такого типу дасть змогу ефективно впроваджувати такі системи та налаштовувати відповідно до особливостей предметного поля.

Об'єкт дослідження – процеси прийняття рішень.

Предмет дослідження – моделі і методи узгодження рішень у багатоканальних системах підтримки прийняття рішень.

Мета роботи – розроблення правил прийняття рішень у людино-машинних СППР із числовими каналами для підвищення ефективності процесів прийняття управлінських рішень.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- виконати аналіз проблеми узгодження рішень у багатоканальних СППР;
- формалізувати процес прийняття рішень у людино-машинних СППР із числовими каналами;
- розробити правила вироблення рішень щодо числової оцінки об'єкта або явища;

- розробити правила вироблення рішень щодо факту появи об'єкта чи явища.

Матеріали та методи дослідження. В ході проведення дослідження використовувалися як загальнонаукові методи, так і системний підхід, методи системного аналізу, методи теорії прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблеми прийняття рішень мають місце на різних етапах життєвого циклу складних систем [1–3]. Тому їх аналіз є предметом дослідження великої кількості сучасних наукових публікацій. Результатом таких досліджень, як правило, є нові або модифіковані правила прийняття рішень в умовах ризику [3–5] та невизначеності [6, 7]. В цих дослідженнях визначається, що вибір правила для вироблення рішення залежить як від задачі, яка досліджується, так і від таких особливостей власника проблеми або особи, що приймає рішення, як схильність до ризику, рівень оптимізму тощо [3].

Для пришвидшення процесів прийняття рішень розробляють спеціальні системи підтримки прийняття рішень [8, 9]. Оцінки, на підставі яких виробляються варіанти рішень, надходять із зовнішніх джерел, генеруються самими системами прийняття рішень або надаються експертами. Основу аналітичних блоків сучасних систем підтримки прийняття рішень, як правило, утворюють моделі і методи інтелектуального аналізу даних за допомогою яких виконують аналіз наборів даних [10, 11].

Поряд із результатами інтелектуального аналізу даних, у процесах прийняття рішень вагоме місце займають оцінки експертів [1; 3; 12]. Зважаючи на висновки експертів, можливим є оцінювання факторів, які не мають системного типу та не відображені у вхідних даних.

Отже, в процесах прийняття рішень важливим є розроблення інструментів, які дали б можливість одночасно враховувати оцінки, отримані з різних джерел [1].

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Постановка проблеми та схема прийняття рішень. Одним із призначень автоматизованих систем прийняття рішень є аналіз даних і генерування варіантів рішень у режимі реального часу. Системи такого типу використовуються у авіації [13], автомобільній справі [14], медицині [15] та інших соціально важливих сферах людської діяльності. Застосування автоматизованих систем прийняття рішень дає змогу скоротити час між моментом надходження даних і власне прийняттям рішення. Також, у деяких випадках, коли нема необхідності в швидкому прийнятті рішень, залучення автоматизованих систем прийняття рішень для попереднього аналізу ситуації дає змогу зменшити витрати, необхідні на прийняття рішень із залученням висококваліфікованих професіоналів [10]. Такі ситуації можуть виникати в медичній сфері, де, на підставі попереднього автоматизованого аналізу вхідних даних про пацієнта, можливим є прийняття рішень щодо його неналежності до групи ризику виникнення захворювання або щодо потреби подальшого залучення кваліфікованих медичних працівників до аналізу його стану. Відкидання автоматизованою системою випадків, які не потребують залучення медичних працівників, дасть змогу зекономити часові та фінансові ресурси [1].

В даному дослідженні розглядається багатоканальна система автоматизованого прийняття рішень, яка може генерувати рішення в режимі реального часу на підставі сигналів, які надходять до неї з різних каналів. Сигнали в цій системі формуються як експертами, так і спеціальними програмними засобами на підставі штучного інтелекту. Такий підхід дає змогу як використовувати методи штучного інтелекту для аналізу вхідних даних, так і оцінки компетентних експертів. Вибір правил для узгодження рішень у таких системах залежить від мети та задачі дослідження. Схема прийняття рішень у системах цього типу наведена на рис. 1.

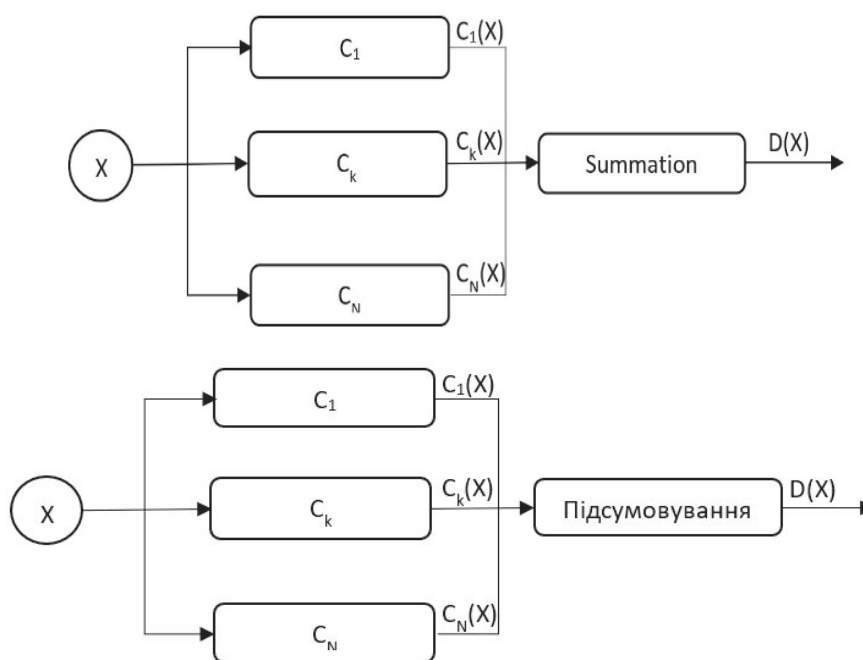


Рис. 1. Схема прийняття рішень у людино-машинних СППР / Scheme of decision-making in human-machine decision support systems

На рис. 1: X – вхідні дані; C_1, C_2, \dots, C_N – канали, які аналізують вхідні дані та генерують відповідні сигнали $C_k(X)$, $k = \overline{1, N}$. Блок “Summation” (Підсумовування) на підставі вибраного правила узгодження рішень генерує вирішальне рішення $D(X)$.

В [1] розглядаються людино-машинні СППР, метою яких є виявлення факту існування певного об’єкта чи явища. На підставі вхідних даних X , канали подають булевий сигнал щодо питання, яке досліджується. Далі, на підставі підсумкового правила, з урахуванням надійності каналів, система приймає рішення щодо того, існує чи ні даний об’єкт або явище. Тобто, як канали, так і результуюче правило, видають результат із множини $\{True, False\}$.

У даному дослідженні розглядаються людино-машинні СППР, в яких $C_k(X) \in R^+$. В цьому випадку канали, на підставі вхідних даних, генерують числовий сигнал, на підставі якого необхідно визначити результуючий сигнал.

Для подальшого дослідження введемо позначення: нехай система прийняття рішень складається з N каналів, кожен із яких характеризується таким впорядкованим набором параметрів: $(A_k, C_k(X))$, де X – набір вхідних даних, на підставі якого необхідно прийняти рішення; $A_k \in R^+$ – коефіцієнт надійності каналу; $C_k(X) \in R^+$ – сигнал, який генерує канал із номером k , $k = \overline{1, N}$.

Коефіцієнти надійності каналів A_k можуть бути заданими окремо, або визначатися на підставі попередньо проведених обчислень. Вважатимемо, що чим більше значення коефіцієнта надійності каналу, тим більш точну оцінку він надає.

При виробленні результуючого рішення, у випадку налаштування параметрів такої системи прийняття рішень, необхідним є визначення пріоритетів, які мають мати найбільший вплив. Першочергово, особа, що приймає рішення, визначає, який вплив повинні мати коефіцієнти надійності каналів на результуючу оцінку та яке значення числових сигналів вказуватиме на факт існування досліджуваного явища.

Нижче наведено спеціально розроблені вирішальні правила для аналізу сигналів, отриманих із різних каналів, та прийняття остаточних рішень.

Правила для узгодження рішень у багатоканальних системах підтримки прийняття рішень із числовими каналами. Залежно від формату, якому має відповідати прийняте рішення, розглянемо два випадки:

- $D(X) \in R^+$, тобто, випадок, при якому система має згенерувати числову оцінку для досліджуваного об’єкта чи явища;
- $D(X) \in \{True, False\}$, тобто, випадок, при якому система прийняття рішень має ідентифікувати наявність ($D(X)=True$) або відсутність ($D(X)=False$) досліджуваного об’єкта чи явища.

Прийняття рішень щодо числової оцінки об’єкта або явища.

Правило 1.1. Середня зважена оцінка. Відповідно до цього правила, результуюча оцінка $D(X)$ обчислюється як середня зважена сума оцінок, отриманих із усіх каналів, з урахуванням їх коефіцієнтів надійності:

$$D_1(X) = \frac{\sum_{k=1}^N A_k C_k(X)}{\sum_{k=1}^N A_k}. \quad (1)$$

Застосування (1) дає змогу враховувати оцінки, отримані з усіх каналів без винятку.

Правило 1.2. Середня зважена оцінка, отримана з достатньо надійних каналів. У випадку, коли необхідним є збільшення надійності результуючої оцінки $D(X)$, для її визначення пропонується застосовувати це правило, що дасть змогу вилучити з розгляду канали, надійність яких є недостатньою для даного випадку. При чому, поріг надійності каналу може змінюватися динамічно, залежно від ситуації. Формула для обчислення є такою:

$$D_2(X) = \frac{\sum_{k=1, N: A_k \geq \tilde{A}} A_k C_k(X)}{\sum_{k=1, N: A_k \geq \tilde{A}} A_k}, \quad (2)$$

де \tilde{A} – задане порогове значення надійності каналу, $\tilde{A} \leq \max_{k=1, N} A_k$.

Правило 1.3. Середня оцінка, отримана з найнадійніших каналів, застосовується у випадку, коли до розгляду доцільно залучати тільки канали з максимальною надійністю. Дане правило є частовим випадком (2):

$$D_3(X) = \frac{\sum_{k=1, N: A_k = A^*} C_k(X)}{\sum_{k=1, N: A_k = A^*} 1}, \quad (3)$$

де $A^* = \max_{k=1, N} A_k$.

Правило 1.4. Середня оцінка, отримана з каналів достатньою (неменшою за заданий поріг) надійністю. У даному правилі пропонується розглядати тільки канали, надійність яких є достатньою для даного випадку. Оцінка $D(X)$, при цьому, обчислюється без урахування надійностей:

$$D_4(X) = \frac{\sum_{k=1, N: A_k \geq \tilde{A}} C_k(X)}{\sum_{k=1, N: A_k \geq \tilde{A}} 1}, \quad (4)$$

де $\tilde{A} \leq \max_{k=1, N} A_k$ – задане порогове значення надійності.

Правило 1.5. Песимістична (мінімальна) оцінка, отримана з найнадійніших каналів. У випадку, коли схильність до ризику в процесі прийняття рішень є невірною, доцільно використовувати (5):

$$D_5(X) = \min_{k=1, N: A_k = A^*} C_k(X), \quad (5)$$

де $A^* = \max_{k=1, N} A_k$.

Правило 1.6. Оптимістична (максимальна) оцінка, отримана з найнадійніших каналів, дає змогу врахувати тільки найбільшу числову оцінку, отриману з каналів із максимальною надійністю:

$$D_6(X) = \max_{k=1, N: A_k = A^*} C_k(X), \quad (6)$$

де $A^* = \max_{k=1, N} A_k$.

Правило 1.7. Середня оцінка, отримана з джерел, надійність яких вища за середню, обчислюється за правилом:

$$D_7(X) = \frac{\sum_{k=1, N: A_k \geq \bar{A}} C_k(X)}{\sum_{k=1, N: A_k \geq \bar{A}} 1}, \quad (7)$$

де $\bar{A} = \frac{\sum_{k=1}^N A_k}{N}$.

Прийняття рішень щодо факту появи об'єкта чи явища. Для випадку, коли результуюча оцінка $D(X)$ набуває логічного значення, вважатимемо, що $D(X) = True$, якщо досліджуване явище має місце, тобто, числові оцінки, отримані з каналів, досягли певного порогового значення. При цьому, залежно від задачі та переваг особи, що приймає рішення, пропонується застосовувати одне з таких правил.

Правило 2.1. Для врахування кількості каналів, числова оцінка яких перевищила заданий поріг без урахування надійності каналів:

$$D_8(X) = \begin{cases} True, \text{ якщо } \sum_{k=1}^N \chi_k(X) > \frac{N}{2}; \\ False, \text{ в інших випадках;} \end{cases} \quad (8)$$

де $\chi_k(X) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } C_k(X) > \tilde{c}; \\ 0, \text{ в інших випадках;} \end{cases} \quad k = \overline{1, N}$,

де \tilde{c} – заданий поріг числової оцінки, який вказує на появу досліджуваного явища.

Правило 2.2. Для порівняння сумарної надійності каналів, які підтвердили появу досліджуваного явища з надійністю каналів, які його не виявили:

$$D_9(X) = \begin{cases} True, \text{ якщо } \sum_{k=1, N: C_k(X) > \tilde{c}} A_k > \sum_{k=1, N: C_k(X) \leq \tilde{c}} A_k; \\ False, \text{ в інших випадках;} \end{cases} \quad (9)$$

де \tilde{c} – заданий поріг числової оцінки, який вказує на появу досліджуваного явища.

Правило 2.3. Для врахування середнього значення надійності каналів, які виявили факт появи досліджуваного явища:

$$D_{10}(X) = \begin{cases} True, \text{ якщо } \frac{\sum_{k=1, N: C_k(X) > \tilde{c}} A_k}{\sum_{k=1, N: C_k(X) > \tilde{c}} 1} > \frac{\sum_{k=1, N: C_k(X) \leq \tilde{c}} A_k}{\sum_{k=1, N: C_k(X) \leq \tilde{c}} 1}; \\ False, \text{ в інших випадках;} \end{cases} \quad (10)$$

де \tilde{c} – заданий поріг числової оцінки, який вказує на появу досліджуваного явища.

Правило 2.4. Дає змогу враховувати оцінки, отримані за Правилами, розробленими для систем прийняття рішень, які генерують числову оцінку. При застосуванні цього правила, особа, що приймає рішення, обирає одне з правил 1.1–1.7, а далі застосовує наступний перехід:

$$D_{11}(X) = \begin{cases} True, \text{ якщо } D_i(X) > \tilde{c}; \\ False, \text{ в інших випадках;} \end{cases} \quad (11)$$

де $D_i(X)$ обчислюється за (1)–(7), $i \in \{1, 2, \dots, 7\}$; \tilde{c} – заданий поріг числової оцінки, який вказує на появу досліджуваного явища.

Обговорення результатів дослідження. На відміну від результатів, наведених у роботі [1], де канали могли давати сигнал тільки у вигляді $\{True, False\}$, в даному дослідженні канали є числовими. Залежно від типу рішень, що приймаються (числові або логічні), системи та відповідні правила були поділені на дві групи. Це дозволяє розширити перелік проблем, до вирішення яких можна застосувати дану розробку. Також необхідно зазначити, що розроблені правила можуть бути модифіковані чи об'єднані в одне, відповідно до особливостей вирішуваної проблеми та переваг особи, що приймає рішення. Це робить підхід гнучким до змін.

Розроблена система може генерувати рішення в автоматизованому режимі, без додаткового залучення людини, що максимально наближує прийняття рішення до моменту часу, коли сигнал надійшов у систему. Як показано в [1; 13, 14], системи такого типу можуть ефективно використовуватися при управлінні різними транспортними засобами, в авіації тощо. Хоча згадані розробки і містять обґрунтування ефективності такого підходу, проте саме дане дослідження містить чітко визначені правила та схему їх реалізації.

Гнучкість, яка закладена в структуру СППР, дозволяє на будь-якому етапі обробки сигналів долучати до прийняття рішень експертів. Системи такого типу використовують у клінічній діагностиці. На відміну від [8; 15, 16], в яких пропонується повністю автоматизоване прийняття рішень, розроблена в даному дослідженні система, при відповідному налаштуванні, забезпечує виконання аналізу результатів автоматизованої обробки даних та висновків компетентних експертів.

Отже, за результатами роботи можна сформулювати наукову новизну і практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше побудовано правила узгодження рішень у багатоканальних системах підтримки прийняття рішень із числовими каналами. Правила дають змогу обчислювати результуючу оцінку з врахуванням коефіцієнтів надійності каналів та розв'язувати задачу прийняття рішень щодо числової оцінки об'єкта або явища та задачу прийняття рішень щодо факту появи об'єкта чи явища.

Практична значущість результатів дослідження – полягає у тому, що розроблені підходи до узгодження рішень у людино-машинних системах підтримки прийняття рішень із числовими каналами можуть застосовуватися при проектуванні СППР для задач, в яких рішення приймається за результатами оцінок, отриманих із різних джерел. Це дасть змогу в автоматизованому режимі в найкоротші терміни отримувати консолідоване рішення, відповідно до обраного правила.

Висновки / Conclusions

Дослідження присвячене вивченню особливостей функціонування в людино-машинних СППР із числовими каналами. Відповідно до визначених в дослідженні завдань, було:

1. Виконано аналіз проблеми узгодження рішень у багатоканальних СППР. Визначено, що, з огляду на різну природу та кількість каналів, які генерують сигнали в таких СППР, при налаштуванні параметрів

системи, необхідно забезпечити врахування коефіцієнтів надійності каналів.

2. Формалізовано процес прийняття рішень у людино-машинних СППР із числовими каналами. В основу розробленої схеми прийняття рішень у СППР заданого типу закладено такі їх характеристики, як гнучкість та масштабованість. Це дозволить додавати до системи будь-яку кількість каналів, які можуть бути як програмними блоками обробки даних, так і компетентними експертами. Таке розширення кількості та різноманітності каналів не вплине на зниження якості вироблених рішень за рахунок особливості вирішальних правил.

3. Розроблено правила вироблення рішень щодо числової оцінки об'єкта або явища та щодо факту появи об'єкта чи явища. Розроблені правила дають змогу враховувати як коефіцієнти надійності каналів, що робить можливим довільного збільшення кількості каналів у системі, так і предметного поля. Вибір правил покладається на особу, що приймає рішення або власника проблеми, залежно від сфери застосування СППР. Залежно від обраного правила, на рішення впливатимуть або оцінки, отримані з усіх каналів системи, або тільки з найнадійніших. Такі можливості роблять відповідні СППР більш гнучкими та універсальними щодо сфери застосування.

4. Показано, що особливістю розробленої моделі та методів є те, що її застосування дає змогу в режимі реального часу без додаткового залучення фахівців виробляти рішення на підставі сигналів, які отримуються з різних каналів.

5. Зазначено, що на наступних етапах актуальними можуть бути дослідження систем прийняття рішень із нечіткими сигналами, а також методів визначення надійності каналів на підставі ретроспективних даних щодо попереднього функціонування системи.

References

- [1] Dolgikh, S., Mulesa, O. (2021). Collaborative Human-AI Decision-Making Systems. *IntSol Workshops*, 96–105.
- [2] Niese, N. D., & Singer, D. J. (2013). Strategic life cycle decision-making for the management of complex Systems subject to uncertain environmental policy. *Ocean engineering*, 72, 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2013.07.020>
- [3] Mulesa, O., Snytyuk, V., & Myronyuk, I. (2019). Optimal alternative selection models in a multi-stage decision-making process. *EUREKA: Physics and Engineering*, (6), 43–50. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.001005>
- [4] Webler, T., & Tuler, S. (2021). Four decades of public participation in risk decision making. *Risk analysis*, 41(3), 503–518. <https://doi.org/10.1111/risa.13250>
- [5] Song, W., & Zhu, J. (2019). A multistage risk decision making method for normal cloud model considering behavior characteristics. *Applied Soft Computing*, 78, 393–406. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.02.033>
- [6] Singh, V., Schiebener, J., Müller, S. M., Liebherr, M., Brand, M., & Buelow, M. T. (2020). Country and sex differences in decision making under uncertainty and risk. *Frontiers in Psychology*, 11, 486. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00486>
- [7] Yoe, C. (2019). *Principles of risk analysis: decision making under uncertainty*. CRC press. <https://doi.org/10.1201/9780429021121>
- [8] Timiliotis, J., Blümke, B., Serfözö, P. D., Gilbert, S., Ondrésik, M., Türk, E.,... & Eckstein, J. (2022). A novel diagnostic decision support system for medical professionals: prospective feasibility study. *JMIR Formative Research*, 6(3), 29943. <https://doi.org/10.2196/29943>
- [9] Arena, S., Florian, E., Zennaro, I., Orrù, P. F., & Sgarbossa, F. (2022). A novel decision support system for managing predictive maintenance strategies based on machine learning approaches. *Safety science*, 146, 105529. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105529>
- [10] Dolgikh, S., Mulesa, O. (2021). Covid-19 epidemiological factor analysis: Identifying principal factors with machine. *CEUR Workshop Proceedings*, 2833, 114–123.
- [11] Kirichenko, L., Vitalii, B., Radivilova, T. (2020). Machine learning classification of multifractional Brownian motion realizations. *CEUR Workshop Proceedings*, 2608, 980–989. <https://doi.org/10.32782/cm15/2608-73>
- [12] Pasman, H. J., Rogers, W. J., & Behie, S. W. (2022). Selecting a method/tool for risk-based decision making in complex situations. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 74, 104669. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104669>
- [13] Harris, D. (2017). *Decision making in aviation*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315095080>
- [14] Li, G., Yang, Y., Zhang, T., Qu, X., Cao, D., Cheng, B., & Li, K. (2021). Risk assessment based collision avoidance decision-making for autonomous vehicles in multi-scenarios. *Transportation research part C: emerging technologies*, 122, 102820. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102820>
- [15] Li, S., Sun, Y., & Soergel, D. (2018). Automatic decision support for clinical diagnostic literature using link analysis in a weighted keyword network. *Journal of medical systems*, 42(2), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10916-017-0876-3>
- [16] Marques, G., Agarwal, D., & de la Torre Díez, I. (2020). Automated medical diagnosis of COVID-19 through Efficient-Net convolutional neural network. *Applied soft computing*, 96, 106691. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106691>

O. Yu. Mulesa¹, P. P. Horvat¹, O. V. Yehorchenkov^{2,3}, D. Ya. Ferens¹, V. O. Kocipak¹

¹ Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

² Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

³ Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia

COLLABORATIVE HUMAN-MACHINE DECISION SUPPORT SYSTEMS WITH DIGITAL CHANNELS

The decision-making problem for the case of human-machine analysis of input data is considered. It was noted that the use of human-machine decision support systems allows to reduce time and money costs. A multi-channel automated decision-making system is considered, which can generate real-time decisions based on signals coming to it from different channels. All channels are numeric. Channels can be both software tools of artificial intelligence and competent experts who give conclusions on the researched issue.

Two cases were studied: – the case of making decisions regarding the numerical assessment of an object or phenomenon, when the agreed decision must be numerical; – a case of making decisions regarding the fact of the appearance of an object or phenomenon, when the agreed decision must be logical.

Seven rules have been developed for determining the numerical assessment of an object or phenomenon. The rules allow you to take into account the estimates obtained from different channels and the reliability of these channels. Separate rules take into account ratings received from all channels. There are rules that take into account only the evaluations of those channels whose reliability meets the specified limits. This approach ensures a sufficiently reliable decision, according to the needs of the task and the person making the decision.

Four rules have been developed for the case of decision-making regarding the fact of the appearance of an object or phenomenon. These rules, analyzing the numerical estimates received from the channels, produce a solution from the set {True, False}, which corresponds to cases of occurrence/absence of the phenomenon under investigation. The rules take into account the reliability of the channels and, based on the constructed functional dependence, convert the numerical evaluation into a logical one.

The constructed decision-making scheme in multi-channel human-machine decision support systems makes it possible to arbitrarily increase the number of channels in the system. The use of rules that filter out estimates obtained from channels that are not reliable enough for a specific problem will prevent the dispersion of the estimation result due to a large number of channels.

The choice of rules rests with the decision maker or problem owner.

Keywords: automated decision-making, decision coordination, numerical evaluations, channel reliability.

Інформація про авторів:

Мулеса Оксана Юрївна, д-р техн. наук, доцент, кафедра програмного забезпечення систем.

Email: oksana.mulesa@uzhnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-6117-5846>

Горват Петро Петрович, канд. фіз.-мат. наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж.

Email: petro.horvat@uzhnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-3972-0115>

Єгорченков Олексій Володимирович, д-р техн. наук, доцент, кафедра технологій управління; доцент, кафедра просторового планування.

Email: o.yehorchenkov@knu.ua; <https://orcid.org/0000-0003-1390-5311>

Імре Юлій Юлійович, ст. викладач, кафедра фізико-математичних дисциплін.

Email: yuliy.imre@uzhnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5511-5815>

Ференс Дмитро Ярославович, аспірант, кафедра програмного забезпечення систем.

Email: dmytro.ferens@uzhnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-3015-0654>

Коціпак Віталій Олексійович, аспірант, кафедра програмного забезпечення систем.

Email: vitalik.kocipak@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-4504-4266>

Цитування за ДСТУ: Мулеса О. Ю., Горват П. П., Єгорченков О. В., Імре Ю. Ю., Ференс Д. Я., Коціпак В. О.

Людино-машинні системи підтримки прийняття рішень з числовими каналами. *Український журнал інформаційних технологій*. 2023. Т. 5, № 1. С. 61–66.

Citation APA: Mulesa, O. Yu., Horvat, P. P., Yehorchenkov, O. V., Ferens, D. Ya., Kocipak, V. O. (2023). Collaborative human-machine decision support systems with digital channels. *Ukrainian Journal of Information Technology*, 5(1), 61–66.

<https://doi.org/10.23939/ujit2023.01.061>