

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий фізико-технічний інститут
Кафедра математичних методів захисту інформації

«На правах рукопису»

УДК 519.72

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій ЯКОВЛЄВ

«__» _____ 2023 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

«Математичні методи криптографічного захисту інформації»

зі спеціальності: 113 Прикладна математика

на тему: «Дослідження поведінки учасників в моделях
цінності інформації»

Виконав:

студент II курсу, групи ФІ-12мн

Гетьман Анастасія Олексіївна _____

Керівник:

професор, доктор фіз.-мат. наук, доцент

Савчук Михайло Миколайович _____

Рецензент:

посада, степінь, звання

Прізвище Ім'я По-батькові _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень
з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий фізико-технічний інститут
Кафедра математичних методів захисту інформації

Рівень вищої освіти — другий (магістерський)
Спеціальність — 113 Прикладна математика,
ОПП «Математичні методи криптографічного захисту інформації»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій ЯКОВЛЄВ

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію

Студент: Гетьман Анастасія Олексіївна

1. Тема роботи: *«Дослідження поведінки учасників в моделях цінності інформації»*, науковий керівник дисертації: професор, доктор фіз.-мат. наук, доцент Савчук Михайло Миколайович,

затверджені наказом по університету №__ від «__» _____ 2023 р.

2. Термін подання студентом роботи: «__» _____ 2023 р.

3. Об'єкт дослідження: *інформаційні процеси в системах обробки, застосування та захисту інформації.*

4. Предмет дослідження: *математичні моделі цінності інформації та їх застосування для дослідження поведінки учасників в процесі обміну інформацією.*

5. Перелік завдань: *огляд опублікованих джерел за тематикою дослідження; формулювання математичної постановки задачі в умовах можливої недовіри учасників в моделях цінності інформації; дослідження стратегій учасників моделі цінності інформації в умовах можливої недовіри учасників; розробка програми для моделювання поведінки учасників; експериментальна перевірка теоретичних висновків; аналіз отриманих результатів.*

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентація доповіді.

7. Дата видачі завдання: 10 вересня 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання	Примітка
1	Узгодження теми роботи із науковим керівником	01-15 вересня 2023 р.	Виконано
2	Огляд опублікованих джерел за тематикою дослідження	Вересень - жовтень 2023 р.	Виконано
3	Формулювання математичної постановки задачі в умовах можливої недовіри учасників в моделях цінності інформації	Листопад - грудень 2023 р.	Виконано
4	Дослідження стратегій учасників моделі цінності інформації в умовах можливої недовіри учасників	Січень - лютий 2023 р.	Виконано
5	Розробка програми для моделювання поведінки учасників	Лютий-березень 2023 р.	Виконано
6	Експериментальна перевірка теоретичних викладок	Березень-Квітень 2023 р.	Виконано
7	Аналіз отриманих результатів та їх оформлення	Квітень-травень 2023 р.	Виконано

Студент _____ Анастасія ГЕТЬМАН

Керівник _____ Михайло САВЧУК

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 48 стор., 12 рисунків, 11 джерел.

Дана робота присвячена дослідженню поведінки учасників в моделях цінності інформації.

Об'єктом дослідження є інформаційні процеси в системах обробки, застосування та захисту інформації.

Предметом дослідження є математичні моделі цінності інформації та їх застосування для дослідження поведінки учасників в процесі обміну інформацією.

В роботі проведено огляд опублікованих раніше досліджень моделей цінності інформації. Детально досліджено поведінку учасників в обраній моделі цінності інформації, в тому числі при наявності можливої дезинформації, запропоновано новий підхід по побудови змісту повідомлень та вибір стратегії учасників. Програмно реалізовано обрану модель та проведено на ній експериментальні дослідження.

ІНФОРМАЦІЯ, МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЦІННОСТІ ІНФОРМАЦІЇ, СТРАТЕГІЇ УЧАСНИКІВ В МОДЕЛЯХ ЦІННОСТІ ІНФОРМАЦІЇ, ДЕЗІНФОРМАЦІЯ, ІНФОРМАЦІЙНІ РИЗИКИ.

ABSTRACT

The thesis contains: 48 p., 12 figures, 11 references. The aim of the thesis is to do research of the behaviour of participants in information value models.

The object of research is information processes in systems of processing, application and protection of information.

The subject of research is mathematical models of the value of information and its application to study the behavior of participants in the process of exchange of information.

The thesis provides an overview of previous published studies of models of the value of information. The behavior of the participants was investigated in particular detail for the chosen model of the value of information, including in case of possible misinformation, a new approach to constructing the content of messages and the choice of the participants' strategy was proposed. The selected model was implemented and experimental studies were conducted on it.

INFORMATION, MATHEMATICAL INFORMATION VALUE MODELS, STRATEGIES OF PARTICIPANTS IN INFORMATION VALUE MODELS, MISINFORMATION, INFORMATION RISKS.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Теоретичні відомості.....	11
1.1 Інформація та її властивості	11
1.2 Основні положення моделі цінності інформації Шанкіна	13
1.3 Достовірність і цінність інформації.....	18
1.4 Зауваження про дезінформацію	22
Висновки до розділу 1.....	27
2 Стратегії поведінки учасників в моделях цінності інформації в умовах можливої дезінформації	28
2.1 Стратегії поведінки учасників в моделях цінності інформації в умовах можливої дезінформації	28
Висновки до розділу 2.....	32
3 Практичні експерименти	33
3.1 Реалізація схеми обміну повідомленнями та підрахунок цінності інформації	33
3.2 Демонстрація роботи програми	35
3.3 Наявність дезінформації в схемі обміну повідомленнями	38
3.4 Моделювання гри в дезінформацію. Учасникам відомі стратегії один одного	42
Висновки до розділу 3.....	47
Висновки	48
Перелік посилань	49

ВСТУП

Актуальність дослідження.

У сучасному інформаційному суспільстві доступ до інформації став необхідністю для ефективного функціонування суспільства та розвитку технологій. Інформація може бути представлена в різних формах: текстів, малюнків, креслень, фотографій, відео; світлових або звукових сигналів; радіохвиль; електричних і нервових імпульсів; жестів і міміки; тощо. Однак, не всі види інформації є однаково цінними або надійними.

Інформація передається у формі повідомлень від деякого джерела до її приймача за допомогою деякого каналу зв'язку. Джерело посилає передане повідомлення, що кодується в переданий сигнал. Цей сигнал посилає по каналу зв'язку. У результаті в приймачі з'являється прийнятий сигнал, що декодується й стає прийнятим повідомленням. Передача інформації з каналів зв'язку часто супроводжується впливом перешкод, що викликають перекручування й втрату інформації, особливо якщо інформація передається декілька разів. Саме тут постає питання захисту інформації, адже нам потрібно передати її так щоб вона зберіглась без спотворень в повному обсязі. І навпаки, чи є отримана інформація повна та достовірна, чи може вона бути практично застосована, чи буде ця інформація корисна для виконання поставленої цілі?

Ці питання зараз набувають особливої актуальності через стрімке зростання обсягів інформації та поширення фейків та дезінформації. І відповіді на них можна отримати оцінивши таку властивість як цінність інформації.

Саме цінність інформації показує придатність інформації до практичного застосування та наскільки інформація корисна для поставлених цілей. Головна проблема полягає в тому, що цю властивість не можна виміряти безпосередньо і необхідно виражати її через інші, які

можна виміряти. Дослідження моделей цінності інформації допомагають вирішувати проблеми, пов'язані з пошуком, оцінкою та використанням інформації в різних сферах, що потенціально допоможе покращити якість прийняття рішень. Нараз існує декілька математичних моделей цінності інформації, які буде розглянуто в даній роботі з метою моделювання поведінки учасників цих моделей при багатократному обміні повідомленнями в різних цілях, в тому числі і дезінформації.

Метою дослідження є дослідження поведінки учасників в моделях цінності інформації в процесі обміну повідомленнями в умовах можливої дезінформації. Для досягнення мети необхідно розв'язати **задачу дослідження**, яка полягає в проведенні теоретичних і експериментальних досліджень обраної моделі цінності інформації. Для розв'язання задачі необхідно вирішити такі завдання:

- 1) провести огляд опублікованих джерел за тематикою дослідження;
- 2) формулювання математичної постановки задачі в умовах можливої недовіри учасників в моделях цінності інформації;
- 3) дослідження стратегій учасників моделі цінності інформації в умовах можливої недовіри учасників;
- 4) розробка програми для моделювання поведінки учасників;
- 5) експериментальна перевірка теоретичних викладок;
- 6) аналіз отриманих результатів;

Об'єктом дослідження інформаційні процеси в системах обробки, застосування та захисту інформації.

Предметом дослідження математичні моделі цінності інформації та їх застосування для дослідження поведінки учасників в процесі обміну інформацією.

При розв'язанні поставлених завдань використовувались такі *методи дослідження*: методи теорії ймовірності, методи математичної статистики, методи цінності інформації, методи оцінок ризиків.

Наукова новизна полягає в дослідженні поведінки учасників в обраній моделі цінності інформації, розглядаються стратегії учасників в

нових умовах, а саме запропоновано новий підхід до побудови змісту повідомлень учасників; в постановці задачі визначення дезінформації в обраній моделі; теоретичному і експериментальному дослідженні стратегій учасників.

Практичне значення полягає в узагальненні досліджуваної моделі цінності інформації, що дає можливість для більш ширшого застосування результатів в практичних задачах.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В даному розділі пропонується детально розглянути такі визначення як інформація та її властивості, згальний підхід до побудови моделі цінності інформації.

1.1 Інформація та її властивості

Поняття інформації

Поняття інформації є одним із найбільш поширених термінів, відповідно й найбільш дискусійним. Наведемо декілька визначень інформації відомих вчених:

– Інформація - це позначення змісту, отриманого із зовнішнього миру в процесі нашого пристосування до нього й пристосування до нього наших почуттів [8].

– Інформація - це міра невизначеності, яка зменшується після отримання певного повідомлення [9].

В загальному випадку під *інформацією* розуміють знання або дані, які передаються, отримуються або обробляються для забезпечення розуміння, вирішення проблем, прийняття рішень або комунікації. Інформація може бути представлена у різних формах, таких як текст, зображення, звук або відео, та може мати різну якість і значущість для різних людей або ситуацій. Інформація є важливим ресурсом для особистого та професійного розвитку, розвитку науки та технологій, а також для соціальної та економічної діяльності.

Інформація передається у формі повідомлень від деякого джерела інформації до її приймача за допомогою каналу зв'язку між ними. Джерело посилає передане повідомлення, що кодується в переданий

сигнал. Цей сигнал посилає по каналу зв'язку. У результаті в приймачі з'являється прийнятий сигнал, що декодується й стає прийнятим повідомленням. Передача інформації з каналів зв'язку часто супроводжується впливом перешкод, що викликають перекручування й втрату інформації.

Властивості інформації:

Серед основних властивостей інформації виділяються наступні:

1) Повнота — властивість інформації, що дозволяє характеризувати об'єкт вичерпним для споживача засобом, що й надає можливість ухвалювати на основі такої інформації управлінські рішення.

2) Цінність — відповідність потребам споживача, що характеризує, наскільки інформація сприяє досягненню поставлених перед споживачем цілей і завдань.

3) Доступність — можливість одержання будь-яким споживачем.

4) Вірогідність — відповідність відображуваному об'єктові або реальному стану об'єктивної дійсності при відсутності прихованих помилок у такій інформації.

5) Актуальність — відповідність інформації теперішньому моменту часу.

6) Коректність — властивість, що полягає в такому її зображенні, щоб інформація однозначно сприймалася всіма її споживачами.

7) Захищеність — неможливість несанкціонованого доступу й цілеспрямованого спотворення інформації.

8) Ергономічність — достатність обсягу і форми інформації для даного споживача.

Розглянемо детальніше поняття цінності інформації.

1) Цінність (чи корисність) інформації проявляється [1] в випадку, коли вона сприяє досягненню цілі, що стоїть перед споживачем інформації.

2) Цінність будь-якого інформаційного джерела [2] визначається як

різниця між корисностями двох оптимальних стратегій, одна з яких забезпечує свободу вибору дій, пов'язаних з використанням інформації, та друга – у відсутності цієї свободи.

3) Цінність інформації [3]- властивість інформації, яка визначається придатністю цієї інформації до практичного застосування у різних галузях цілеспрямованої людської діяльності для досягнення певної цілі.

4) Цінність інформації [4] – властивість інформації, яка визначається придатністю цієї інформації до практичного використання у різних галузях цілеспрямованої діяльності людини. Розповсюдження інформації та її використання призводить до зміни її цінності. В більшості випадків, цінність інформації зменшується.

Головне питання практичного застосування поняття цінності інформації полягає в обчисленні кількісної оцінки цінності інформації. Але значення цінності інформації не можна виміряти безпосередньо, оскільки ця властивість інформації не є спостережливою. Її можна виразити через інші властивості об'єкта спостереження, які можна виміряти. Відповідно постає питання через які саме властивості можна виразити цінність інформації.

В цьому напрямку постійно проводяться дослідження та існує чимало підходів до побудови моделей для визначення цінності інформації. Наприклад, роботи Стратоновича[7], Харкевича [10], Глейзера [11].

1.2 Основні положення моделі цінності інформації Шанкіна

Розглянемо основні положення моделі цінності інформації Шанкіна [5]. Розглядається наступна інформаційно-аналітична система. Об'єкт спостереження, який може знаходитись в одному із станів кінцевої множини O . В фіксований момент часу об'єкт спостереження знаходиться в стані $o^* \in O$. Маємо спостерігача, який вивчає стани об'єкта спостереження. Причому, спостерігач не може однозначно визначити «істинні» стани, а лише виділяє найбільш ймовірну підмножину $O' \subseteq O$, в

якій знаходиться стан o^* . Відповідно, ці спостереження можуть бути неточними.

Спостерігач формулює результати своїх спостережень в деякому повідомленні $x \in X$, де X є скінченною множиною можливих повідомлень. Змістом повідомлення $x \in X$ є множина $O(x) \subseteq O$, до якої на думку спостерігача, належить істинний стан o^* .

Спостерігач направляє сформоване повідомлення $x \in X$ по деякому каналу зв'язку користувачеві. Користувач, в свою чергу, використовує цю інформацію для досягнення певної мети, пов'язаної з його знаннями про стан $o^* \in O$.

Користувач, після отримання повідомлення, на основі свої апріорних знань, прагне виділити найбільш ймовірний стан об'єкта спостереження $o' \in O$. Виділивши цей стан, користувач робить певні дії, ефективність яких може бути виміряна кількісно.

Введемо деякі аксіоматичні положення, на основі яких формується вихідна математична модель цінності інформації.

Положення 1.1. *Якщо користувач виділив стан об'єкта спостереження правильно, тобто $o' = o^*$, то можна оцінити ефективність його дій деякою величиною $\alpha > 0$. В випадку, коли користувач не вгадав стан об'єкта спостереження, тобто $o' \neq o^*$, то ця ефективність оцінюється величиною $\beta < \alpha$. Це припущення справедливо для всіх $o^*, o' \in O$. Величини α і β - константи та не залежать від конкретних $o^*, o' \in O$.*

Така модель називатиметься (α, β) -модель. Припускається, що користувач використовує цю інформацію найбільш ефективним з його точки зору чином. Відповідно він і не оцінює цінність отриманої інформації.

Положення 1.2. *Вважаємо, що спотворення в каналі зв'язку відсутні, затримки в передачі повідомлення теж відсутні. Користувач отримує те саме повідомлення $x \in X$, яке надіслав спостерігач.*

Положення 1.3. Зміст $O(x)$ повідомлення $x \in X$ розуміється однаково як користувачем так і спостерігачем.

Положення 1.4. Спостерігач формує і посилає користувачеві достовірні повідомлення, тобто $o^* \in O(x)$.

Позначимо:

$$X^+ = \{x \in X | o^* \in O(x)\},$$

$$X^- = X \setminus X^+.$$

Достовірність повідомлення $x \in X$ означає, що $x \in X^+$.

Положення 1.5. Вважаємо всі стани $o' \in O(x)$ рівноправними кандидатами на істинний стан o^* , тобто $P\{o' = o^* | o' \in O(x)\} = |O(x)|^{(-1)}$, $x \in X^+$; де $|O(x)|$ означає потужність множини $O(x)$.

Припускаємо, що користувач впевнений, що надіслане спостерігачем повідомлення є достовірним і всі вказані в ньому стани із множини $O(x)$ рівноправні як кандидати на істинний стан об'єкта спостереження.

Положення 1.6. Користувач володіє деякою апріорною інформацією про стан об'єкта спостереження. Позначимо цю інформацію в вигляді апріорного повідомлення $x_0 \in X$, відповідно зміст цього повідомлення - $O(x_0)$.

Положення 1.7. Повідомлення $x_0 \in X$ вважається достовірним ($o^* \in O(x_0)$) і всі стани $o' \in O(x_0)$ рівноправні як претенденти на o^* , тобто

$$P\{o' = o^* | o' \in O(x_0)\} = |O(x_0)|^{(-1)}.$$

Наскільки інформація цінна визначає користувач наступним чином. До отримання повідомлення $x \in X$ від спостерігача користувач випадково і рівноймовірно отримує ($o' \in O(x_0)$) і діє на основі припущення про те, що $o' = o^*$. З урахуванням наведених вище положень його середній дохід

визначається наступним чином:

$$V(x_0) = \frac{\alpha}{|O(x_0)|} + \left(1 - \frac{1}{|O(x_0)|}\right)\beta$$

При отриманні $x \in X^+$ користувач, знаючи що $o^* \in O(x) \cap O(x_0)$, випадково і рівномірно вилучає $o' \in O(x) \cap O(x_0)$ і отримує наступний середній дохід:

$$V(x, x_0) = \frac{\alpha}{|O(x) \cap O(x_0)|} + \left(1 - \frac{1}{|O(x) \cap O(x_0)|}\right)\beta$$

Тоді цінністю інформації, яка знаходиться в повідомленні $x \in X^+$, при наявності відомостей $x_0 \in X$ буде різниця апостеріорного та апіорного доходів:

$$S(x/x_0) = V(x, x_0) - V(x_0).$$

Таким чином, отримуємо наступне твердження.

Твердження 1.1. *Справедливо співвідношення:*

$$S(x/x_0) = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O(x) \cap O(x_0)|} - \frac{1}{|O(x_0)|} \right).$$

де $C_{\alpha\beta} = \alpha - \beta > 0$.

В методологічному плані можна підкреслити, що якщо ціль користувача полягає в визначенні $o^* \in O$ є величина, прямо пропорційна абсолютній різниці апостеріорній та апіорній ймовірностей досягнення цієї цілі. Іншими словами, цінність інформації пропорційна збільшенню ймовірності досягнення цілі користувачем при використанні цієї інформації.

Відмітимо, що відповідно до концепції Р. Л. Стратановича [6], [7] маємо:

$$S_c(x/x_0) = R(x_0) - R(x, x_0),$$

де $R(x_0) = \left(1 - \frac{1}{|O(x_0)|}\right)|\beta|$; $R(x, x_0) = \left(1 - \frac{1}{|O(x) \cap O(x_0)|}\right)|\beta|$.

Звідси випливає

$$S_c(x/x_0) = |\beta| \left(\frac{1}{|O(x) \cap O(x_0)|} - \frac{1}{|O(x_0)|} \right);$$

$$S_c(x/x_0) = \frac{|\beta|}{C_{\alpha\beta}} S_c(x/x_0).$$

Зауважимо, що цінність інформації знаходиться в наступних межах:

$$0 \leq S(x/x_0) \leq C_{\alpha\beta} \left(1 - \frac{1}{|O(x_0)|} \right),$$

причому $S(x/x_0) = 0$ тоді і тільки тоді, коли $O(x_0) \subseteq O(x)$;

$$S(x/x_0) = C_{\alpha\beta} \left(1 - \frac{1}{|O(x_0)|} \right)$$

Виділимо наступні два елементи множини X^+ :

- 1) якщо $|O(x)| = 1$, то позначатимемо: $x = e$;
- 2) якщо $O(x) = O$, то позначатимемо $x = E$.

Таким чином, справедливі співвідношення:

- 1) при будь-якому $x_0 \in X^+$: $S(e/x_0) = C_{\alpha\beta} \left(1 - \frac{1}{|O(x_0)|} \right)$;
- 2) при будь-якому $x \in X^+$: $S(e/x) = 0$.

Якщо $x_0 = E$, то користувач знаходиться в умовах повної апіорної невизначеності, тоді $S(x/E)$ через $S(x)$ і називати цю величину безумовною цінністю інформації $x \in X$: $S(x) = S(x/E)$.

Таким чином, маємо:

$$S(x) = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O(x)|} - \frac{1}{|O|} \right),$$

$$S(x, x') = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O(x) \cap O(x')|} - \frac{1}{|O|} \right)$$

$$S(x, x') = S(x') + S(x/x') = S(x) + S(x/x')$$

Звідси випливає:

$$S(x/x') - S(x'/x) = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O(x)|} - \frac{1}{|O(x')|} \right),$$

Умовна цінність достовірних повідомлень в загальному випадку визначається виразом:

$$S\left(\frac{x'_1, x'_2, \dots, x'_k}{x''_1, x''_2, \dots, x''_k}\right) = S\left(\frac{x'}{x''}\right),$$

де $x', x'' \in X^+$ визначається наступним чином:

$$O(x') = \bigcap_{i=1}^k O(x'_i); O(x'') = \bigcap_{i=1}^k O(x''_i);$$

В загальному випадку отримуємо:

$$S(x_1, x_2, \dots, x_n) = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{\bigcap_{i=1}^k O(x'_i)} - \frac{1}{|O|} \right)$$

$$\begin{aligned} S(x_1, x_2, \dots, x_n) &= S(x_1) + S(x_2/x_1) + S(x_3/x_1, x_2) + \dots + S(x_n/x_1, \dots, x_{n-1}) = \\ &= S(x_1) + S(x_2, \dots, x_n/x_1) \end{aligned}$$

Означення 1.1. Повідомлення $x', x'' \in X$ називаються рівноцінними, якщо $|O(x')| = |O(x'')|$. Відповідно, співвідношення $S(x'/x'') = S(x''/x')$ вірне тоді і тільки тоді, коли x', x'' – рівноцінні.

Зауважимо, що величина $O(x)$ може слугувати мірою неточності повідомлення $x \in X$; відповідно, величина $|O(x)|^{-1}$ – міра точності повідомлення $x \in X$. Таким чином x' і x'' рівноцінні тоді і тільки тоді, коли вони рівноточні. Отримуємо:

$$S(x_n/x_1, \dots, x_{n-1}) = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{\bigcap_{i=1}^n O(x_i)} - \frac{1}{\bigcap_{i=1}^{n-1} O(x_i)} \right)$$

1.3 Достовірність і цінність інформації

Розглянемо як впливає оцінка достовірності повідомлень в моделі цінності інформації Шанкіна [5]. Достовірність інформації, яка знаходиться в повідомленні і $x \in X$, дуже впливає на оцінку його цінності. Спостерігач може передати разом з повідомленням його особисту оцінку

достовірності. Користувач, в свою чергу, може врахувати її при прийнятті рішень. Ш. Кент запропонував досить просту методику оцінки ступеня достовірності інформації.

повністю впевнений 100%
 майже впевнений 90% ± 6%
 ймовірно 75% ± 12%
 шанси приблизно рівні 50% ± 10%
 мвлоймовірно 30% ± 10%
 майже впевнений в протилежному 7% ± 5%
 впевнений в протилежному 0%

В розглянутій моделі [5] вважалось, що повідомлення $x \in X^+$ завжди достовірні, тобто $o^* \in O(x)$. Надалі будемо вважати, що це не обов'язково так і введемо оцінку достовірності повідомлення $d(x) = P\{o^* \in O(x)\}$, $x \in X$.

Тоді введемо наступне положення

Положення 1.8.

$$P\{o = o^* / x\} = \frac{d(x)}{|O(x)|}, \quad o \in O(x)$$

$$P\{o = o^* / x\} = \frac{1 - d(x)}{|O| - |O(x)|}, \quad o \notin O(x), x \in X$$

Означення 1.2. В подальшому називатемо $\bar{x} \in X$ спряженим до $x \in X$, якщо $O(\bar{x}) = O \setminus O(x)$; відповідно $d(\bar{x}) = 1 - d(x)$.

Означення 1.3. Повідомлення називаються несуперечливими, якщо $O(x') \cap O(x'') \neq \emptyset$.

Введемо додаткові аксіоматичні положення.

Положення 1.9. Для будь-яких $o \in O$, $o^* \notin O$ справедливо

співвідношення

$$P\{o = o^* / x, x_0\} = AP\{o = o^* / x\}P\{o = o^* / x_0\},$$

де A - нормуюча константа, яка знаходиться із умови:

$$\sum_{o \in O} P\{o = o^* / x, x_0\} = 1.$$

Сенс цього положення полягає в тому, що стан $o \in O$ визнається істинним, тобо $o = o^*$, якщо обидва повідомлення визнають його істинним. В протилежному випадку, цей стан апостеріорно вважається хибним. Зауважемо, що в даному випадку ситуація коли два повідомлення повністю суперечать одне одному не розглядається.

Положення 1.10. Для будь-яких $x, x_0 \in X$ справедливі співвідношення:

$$d(x) \geq \frac{|O(x)|}{|O|}, d(x_0) \geq \frac{|O(x_0)|}{|O|}$$

при $O(x) = (x_0) = O$ матимемо рівність.

В результаті маємо наступну нерівність:

$$A \geq \max\left\{\frac{|O(x_0)|}{d(x_0)}, \frac{|O(x)|}{d(x)}\right\}$$

Рівність досягається в випадку коли виконується хоча б одна із умов:

- 1) $O(x_0) \subseteq O(x)$, $d(x_0) = 1$
- 2) $O(x) \subseteq O(x_0)$, $d(x) = 1$

Тоді при $o \in O(x) \cap O(x_0)$ маємо:

$$P\left\{o = \frac{o^*}{x, x_0}\right\} \geq \max\{P\{o = o^* / x\}, P\{o = o^* / x_0\}\}$$

А при $o' \in O(x_0) \cap O(x)$, $o'' \in O(x_0) \cap O(x)$ маємо:

$$P\{o' = o^* / x, x_0\} \geq P\{o'' = o^* / x, x_0\}.$$

З цього стає зрозумілим, що найкраща стратегія поведінки користувача полягає випадковому і рівноймовірному виборі елемента $o \in O(x_0) \cap O(x)$ як кандидата на стан o^* . Саме з даною стратегією його середній дохід буде максимальним та визначається наступним чином:

$$V_1 = \alpha \frac{d(x_0)d(x)A}{|O(x_0)||O(x)|} + \beta \left(1 - \frac{d(x_0)d(x)A}{|O(x_0)||O(x)|}\right) = \frac{d(x_0)d(x)AC_{\alpha\beta}}{|O(x_0)||O(x)|} + \beta.$$

Без використання повідомлення $x \in X$ середній дохід користувача визначається ймовірністю істинності стану $o \in O(x_0) \setminus O(x)$ і дорівнює:

$$V_2 = \alpha \frac{d(x_0)d(\bar{x})A}{|O(x_0)||O(\bar{x})|} + \beta \frac{d(x_0)d(\bar{x})A}{|O(x_0)||O(\bar{x})|} = \frac{d(x_0)d(\bar{x})AC_{\alpha\beta}}{|O(x_0)||O(\bar{x})|} + \beta.$$

Тоді його середній дохід V_0 при діях лише на основі тільки апріорних знань є:

$$V_0 = \frac{|O(x_0) \cap O(x)|}{|O(x_0)|} V_1 + \left(1 - \frac{|O(x_0) \cap O(x)|}{|O(x_0)|}\right) V_2$$

Цінність інформації визначається як:

$$S_{x_0}^d(x) = V_1 - V_0.$$

Твердження 1.2. *Нехай x, x_0 - несуперечливі, тоді:*

$$S_{x_0}^d(x) = AC_{\alpha\beta} \frac{d(x_0)}{|O(x_0)|} \left(\frac{d(x)}{|O(x)|} - \frac{d(\bar{x})}{|O(\bar{x})|} \right) \left(1 - \frac{|O(x_0) \cap O(x)|}{|O(x_0)|}\right) \geq 0.$$

Наслідок 1.1. *Нехай $d(x) = d(x_0) = 1$. Тоді:*

$$S_{x_0}^d(x) = S_{x_0}(x) = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O(x_0) \cap O(x)|} - \frac{1}{|O(x_0)|} \right)$$

це співпадає з отриманими раніше результатом для достовірних повідомлень.

Наслідок 1.2. $S_{x_0}^d(x) = 0$ тоді і тільки тоді коли $O(x_0) \subseteq O(x)$.

Наслідок 1.3. *Якщо користувач знаходиться в умовах повної*

апврної невизначеності, то при будь-якому $x \in X$ маємо:

$$S_{x_0}^d(x) = C_{\alpha\beta} \left(\frac{d(x)}{|O(x)|} - \frac{1}{|O|} \right).$$

Наслідок 1.4. При повній апріоній невизначеності користувача при будь-яких $x \in X$, $d(x)$, справедливо:

$$S_{x_0}^d(x) = d(x)S_{x_0}(x).$$

Наслідок 1.5. Нехай $x' < x$. Тоді в випадку повної апріоній невизначеності користувача справедливо:

$$S_{x_0}^d(x') = S_{x_0}^d(x)$$

Звідси випливає, що в випадку коли спостерігачеві відома про повну апріорну невизначенність користувача, то замість передачі повідомлення $x \in X$, він може випадковим чином сформулювати точне повідомлення $x' < x$ і передати саме це повідомлення. При цьому його цінність не зміниться.

Можна продовжувати ці міркування, додатково враховуючи факт того, що достовірність інформації може змінюватись з часом. Це пов'язано з тим, що об'єкт спостереження змінює свій стан з часом.

1.4 Зауваження про дезінформацію

Розглянемо як впливає дезінформація на цінність інформації в моделі цінності інформації Шанкіна[5]. До сих пір вважалось, що спостерігач є союзником користувача і намагається передати йому найбільш точну і достовірну інформацію. В свою чергу, користувач повністю довіряє спостерігачеві. Розглянемо ситуацію, в випадку, якщо користувач довіряє спостерігачу, а спостерігач насправді є його

супротивником та має на меті його дезинформувати.

Нехай користувач володіє певною апіорною інформацією $x_0 \in X^+$, тому можливі 2 ситуації:

- Спостерігач не знає апіорну інформацію користувача
- Спостерігач знає апіорну інформацію користувача

Розглянемо перший варіант.

Нехай спостерігач передає дезинформуюче повідомлення $x \in X$, користувач буде вважати його достовірним. Якщо $O(x) \cap O(x_0) = \emptyset$, то вияве дезинформацію і не зазнає шкоди. Якщо $O(x) \cap O(x_0) \neq \emptyset$, то користувач випадково та рівноймовірно обирає $o \in O(x) \cap O(x_0)$ і діє, виходячи з припущення, що $o = o^*$.

Якщо $o^* \in O(x)$, то користувач отримує дохід

$$S(x/x_0) = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O(x) \cap O(x_0)|} - \frac{1}{|O(x_0)|} \right)$$

Користувач не зазнає шкоди. Якщо ж $O(x) \cap O(x_0) \neq \emptyset$, але $o^* \notin O(x)$, то шкоду або втрати можна оцінити наступним чином.

При використанні лише $x_0 \in X^+$ користувач отримав би дохід: $V(x_0) = \frac{\alpha}{|O(x_0)|} + (1 - \frac{1}{|O(x_0)|})\beta = \frac{C_{\alpha\beta}}{O(|x_0|)} + \beta$.

При використанні дезинформації $x \in X^-$ дохід стає рівним β : $V(x) = \beta$.

А втрати (шкода) оцінюються величиною

$$U\left(\frac{x}{x_0}\right) = V(x) - V(x_0) = \frac{C_{\alpha\beta}}{|O(x_0)|}.$$

Спостерігач намагається мінімізувати величину $U(x/x_0)$ без знання $x_0 \in X^+$.

При виборі $x \in X^-$ ймовірність $P\left(\frac{x}{x_0, x^*}\right)$ того, що $O(x) \cap O(x_0) = \emptyset$.

Спостерігач знає істинну інформацію $x^* \in X^+$, $o^* \in O(x^*)$. Тому для того, щоб обрати $x \in X^-$, він використовує множину $X^-(x^*) = X \setminus \{x^*\} \subseteq X^-$ $|X \setminus \{x^*\}| = |O| - |O(x^*)|$. Таким чином, спостерігач обирає $x \in X^-(x^*)$. Якщо $|O(x^*)| = 0$, то спостерігач

відмовляється від дезинформації.

При передачі повідомлення $x \in X^-(x^*)$ будуть насенені наступні втрати:

$$W(x/x_0, x^*) = (1 - P_\emptyset(x/x_0, x^*))U(x/x_0)$$

Максимальна шкода буде при мінімальному $P_\emptyset(x/x_0, x^*)$

Таким чином, отримаємо наступну стратегію:

– Оптимальною стратегією дезинформації буде вибір повідомлення у якого $O(x) = O \setminus O(x^*)$.

– Реаліація цієї стратегії призводить до наступних результатів:

1) при $|O(x_0)| > |O(x^*)| + 1$

$$W^-(x/x_0, x^*) = -\frac{C_{\alpha\beta}}{|O(x_0)|}$$

2) при $|O(x_0)| \leq |O(x^*)| + 1$

$$W^-(x/x_0, x^*) = -\frac{C_{\alpha\beta}}{|O(x_0)|} \left(1 - \frac{\begin{pmatrix} |O(x^*)| \\ |O(x_0)| - 1 \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} |O| \\ |O(x_0)| - 1 \end{pmatrix}} \right)$$

Розглянемо другий варіант.

Спостерігач не знає апріорної інформації користувача. Така ситуація має місце, коли наприклад користувач орієнтує спостерігача і просить уточнити саме цю інформації. Припускаємо, що $|O(x_0)| > 1$.

Спостерігач знає, що $o^* \in O(x_0) \cap O(x^*)$ та $O(x^*) \subset O$.

Можливі дві ситуації.

1. $O(x_0) \not\subset O(x^*)$. Тоді оптимальною стратегією спостергача є вибір такого повідомлення, зміст якого задовольняє умовам:

– $O(x_0) \subseteq O \setminus (O(x_0) \cap O(x^*))$

– $O(x_0) \cap O(x^*) \neq \emptyset$

Якщо $O(x_0) \subseteq O(x^*)$, то ці умови несуперечливі і такі повідомлення $x \in X$ існують. Тоді:

$$P_{\emptyset}(x/x_0, x^*) = 0$$

$$W^-(x/x_0, x^*) = -\frac{C_{\alpha\beta}}{|O(x_0)|}.$$

2. $O(x_0) \subseteq O(x^*)$. Це означає, що користувач володіє більш точною інформацією, ніж спостерігач. В цих умовах здійснити дезінформацію не вийде.

Наявність можливої дезінформації породжує так звані інформаційні ігри. Нижче буде наведено просту модель такої гри.

Нехай об'єкт спостереження послідовно переходить у состояння o^*_1, o^*_2, \dots . На кожному етапі еволюції об'єкта спостереження спостерігач надсилає користувачеві повідомлення x_1, x_2, \dots . При цьому він знає достовірні множини $O(x^*_1), O(x^*_2)$. Мета спостерігача - нанесення максимальної шкоди користувачеві. Надалі виходитимемо з наступного припущення: $x_0^i = E, i = 1, 2, \dots$

Гра починається з етапа 1. На цьому етапі користувач повністю довіряє спостерігачу, спостерігач знає про це.

Оптимальна стратегія спостерігача полягає в виборі $x \in X$ зі змістом $O(x_1) = O \setminus O(x^*_1)$. В цьому випадку користувач зазнає втрат, які визначаються величиною

$$W_1 = -\frac{C_{\alpha\beta}}{|O|}$$

На другому етапі гри користувачеві стає відомо, що спостерігач його дезінформує, а спостерігач цього не знає і продовжує діяти згідно з стратегією з першого етапа.

тоді користувач знає, що $o^*_2 \notin O(x_2)$ і обирає o з множини $O \setminus O(x_2)$. Його дохід:

$$W_2 = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O \setminus O(x_2)|} - \frac{1}{|O|} \right).$$

На третьому етапі гри спостерігач дізнається про стратегію користувача. Користувач про це не знає. Тоді стратегія спостерігача

наступна $O(x_3) = O(x^*_3)$. Тоді втрати користувача наступні:

$$W_3 = -\frac{C_{\alpha\beta}}{|O|}$$

На четвертому етапі користувач дізнається про стратегію спостерігача на попередньому етапі. Спостерігач про це не знає. Тоді його стратегія $o^*_4 \in O(x^*_4)$. Його дохід:

$$W_4 = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O(x_4)|} - \frac{1}{|O|} \right)$$

.

В решті решт, на 5 етапі спостерігачеві стає відомо про стратегію користувача. А користувач про це не знає, таким чином, гра зациклюється і повертається на перший етап.

Розглядається також наступний варіант гри, коли ми відмовляємось від припущення $x_0^i = E$, тоді $o^*_i \in O(x_0^i) \subset O$, $i = 1, 2, \dots$. Спостерігач не знає апріорної інформації користувача.

Тоді на етапі 1 користувач довіряє спостерігачу, а спостерігач надсилає йому дезинформуюче повідомлення. Тоді користувач отримує наступні втрати:

На другому етапі користувачеві стає відомо про стратегію спостерігача, а саме, що йому надсилають дезинформуючі повідомлення. Відповідно він припускає, що $o^*_2 \in O(x_0^2) \cap O(\bar{x}_2)$. Тоді його дохід:

$$W_2 = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O(x_0^2) \cap O(\bar{x}_2)|} - \frac{1}{|O(x_0^2)|} \right).$$

На етапі 3 спостерігач дізнається стратегію користувача, його очевидною стратегією є вибір такого повідомлення x_3 , що $o^* \in O(x_3)$. В цьому випадку користувач зазнаватиме втрати:

$$W_3 = -\frac{C_{\alpha\beta}}{|O(x_0^3)|}.$$

На етапі 4 користувач дізнається про стратегію спостерігача, а саме,

що $o^* \in O(x_4)$. Тоді він отримує дохід:

$$W_4 = C_{\alpha\beta} \left(\frac{1}{|O(x_4) \cap O(x_0^4)|} - \frac{1}{|O(x_0^4)|} \right).$$

Тоді на етапі 5 спостерігачу стає відомо про стратегію і користувача і він надсиає йому повідомлення з дезінформацією. А користувач вважає, що $o^* \in O(x_5)$. Таким чином гра зациклюється.

Ця гра допускає і подальші міркування, наприклад, користувач та спостерігач можуть бути обізнані про стратегію одини однозо з певною ймовірністю.

Висновки до розділу 1

В даному розділі було розглянуто поняття інформації та її властивостей. Особлива увага зосереджена на понятті цінності інформації.

Саме ця властивість характеризує чи може інформація бути практично застосована, використана для досягнення поставленої мети та відповідає потребам споживача інформації.

Цінність інформації дуже важлива властивість, тому потрібно мати змогу її виміряти, але це не можна робити безпосередньо. Проведено огляд джерел за напрямком дослідження. Зокрема в цьому розділі досліджені проведено огляд побудови моделі цінності інформації Шанкіна з метою подальшого дослідження поведінки учасників в моделі цінності інформації в процесі багатократного обміну повідомленнями, в тому числі з дезінформацією. Після проведення огляду, далі в роботі планується змоделювати цю поведінку, провести експерименти на реалізованих моделях, більш детально дослідити стратегії поведінки учасників.

2 СТРАТЕГІЇ ПОВЕДІНКИ УЧАСНИКІВ В МОДЕЛЯХ ЦІННОСТІ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ МОЖЛИВОЇ ДЕЗИНФОРМАЦІЇ

2.1 Стратегії поведінки учасників в моделях цінності інформації в умовах можливої дезінформації

Будемо вважати, що зміст апіорної інформації користувача і достовірної інформації спостерігача формується таким чином. (x_0, x - повідомлення користувача і спостерігача відповідно):

- 1) істинний стан $o^* \in O(x_0), o^* \in O(x)$;
- 2) задаються ймовірності q_k і q_c відповідно;
- 3) кожен стан $o \in O(x_0), o \neq o^*$ обирається з ймовірністю q_k незалежно від вибору інших станів, кожен стан $o \in O(x), o \neq o^*$ обирається з ймовірністю q_c незалежно від інших станів.

Якщо $q_k = \frac{1}{2}$ або $q_c = \frac{1}{2}$, то за такою процедурою вибору підмножин множини $O \setminus \{o^*\}$ кожна з підмножин має однакову ймовірність вибору 2^{-n+1} . Якщо $q < \frac{1}{2}$, то множини меншої потужності будуть мати більшу ймовірність.

Такі схеми вибору підмножин більше відповідають практичним задачам, коли при спостереженні за кожним станом вирішується можливість бути істинним.

Очевидно,

$$MO(x_0) = (n - 1)q_k + 1,$$

$$MO(x) = (n - 1)q_c + 1.$$

Якщо має місце дезінформація, то спостерігач аналогічним чином обирає підмножини множини $O \setminus \{o^*\}$, але не додає o^* . Тоді

$$MO(x) = (n - 1)q_c.$$

Дохід користувача за апіорною інформацією x_0 дорівнює математичному сподіванню

$$V(x_0) = M\tilde{V}(x_0) = M[(\alpha - \beta)p + \beta], \quad (2.1)$$

де $p = \frac{1}{|O(x_0)|}$, $|O(x_0)|$ - випадкова величина, у якої $|O(x_0)| - 1$ має біноміальний розподіл з числа випробувань $n - 1$ і ймовірністю успіху q_k .

Таким чином, необхідно знайти математичне сподівання випадкової величини $p = \frac{1}{|O(x_0)|}$.

$$Mp = \sum_{m=1}^n C_{n-1}^{m-1} q_k^{m-1} (1 - q_k)^{n-m} \frac{1}{m}, \quad (2.2)$$

Для доведення (2.2) розглянемо вираз

$$\sum_{m=1}^n C_{n-1}^{m-1} q_k^{m-1} (1 - q_k)^{n-m} t^{m-1} = (q_k t + 1 - q_k)^{n-1} \quad (2.3)$$

Ліва частина (2.3) дорівнює правій за біномом Ньютона. Тоді Візьмемо інтеграл лівої і правої частини (2.3). Тоді отримаємо

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^n C_{n-1}^{m-1} q_k^{m-1} (1 - q_k)^{n-m} \frac{1}{m} t^m \Big|_0^1 &= \\ &= \frac{1}{q_k n} (1 - q_k + q_k t)^n \Big|_0^1 \end{aligned} \quad (2.4)$$

З (2.4) знаходимо

$$\sum_{m=1}^n C_{n-1}^{m-1} q_k^{m-1} (1 - q_k)^{n-m} \frac{1}{m} = \frac{1}{q_k n} (1 - (1 - q_k)^n).$$

Т.о.

$$Mp = \frac{1}{q_k n} (1 - (1 - q_k)^n) \quad (2.5).$$

Розглянемо наступний приклад.

Приклад 2.1. Нехай $n = 3$, $q_k = \frac{1}{2}$, $O = \{o_1, o_2, o_3\}$, $o_1 = o^*$.

$$1) Mp = \frac{1}{\frac{1}{2}3}(1 - (1 - \frac{1}{2})^3) = \frac{27}{38} = \frac{7}{12}$$

2) Безпосередньо розглянемо усі можливі підмножини, які мають саме однакову ймовірність $\frac{1}{4}$, а саме $o_1, \{o_1, o_2\}, \{o_1, o_3\}, \{o_1, o_2, o_3\}$. Тоді $Mp = 1\frac{1}{4} + \frac{1}{2}\frac{1}{4} + \frac{1}{2}\frac{1}{4} + \frac{1}{3}\frac{1}{4} = \frac{7}{12}$.

Безпосередній розрахунок 2) підтвердив формулу (2.5). З (2.1) і (2.5) знаходимо середній дохід $V(x_0) = \frac{\alpha - \beta}{q_k n}(1 - (1 - q_k)^n) + \beta$ (2.6)

Якщо від спостерігача має місце дезінформація $x \in X^-$, то дохід користувача буде незалежно від апріорної інформації користувача дорівнювати β . Тоді при $x \in X^-$ цінність інформації з (2.6):

$$S(x/x_0) = V(x, x_0) - V(x_0) = -\frac{\alpha - \beta}{q_k n}(1 - (1 - q_k)^n) \quad (2.7).$$

Розглянемо описану вище гру в дезінформацію.

Розглянемо етап 1. Користувач довіряє спостерігачеві, а спостерігач передає послідовність недостовірних повідомлень $x_1, x_2, \dots, x_t \in X^-$. Причому кожне повідомлення x_i має випадковий зміст $O(x_i)$. Як з'ясувати користувачу, що спостерігач його дезінформує тільки по доходу або цінності інформації. Можливі наступні варіанти.

1) Якщо $V(x, x_0) > \beta$, то $x_i \in X^+$

2) Якщо $S(x/x_0) > 0$, то $x_i \in X^+$

Тоді питання полягає в тому, скільки потрібно повідомлень $x_i, i = \overline{1, t}$, щоб користувач з ймовірністю d знав, що спостерігач його дезінформує.

Користувач знає обсяги повідомень і тому може вирахувати ймовірність того, що його дезінформують.

Позначимо $|O(x_i) \cap O(x_0)| = m_i, i = \overline{1, t}$.

Якщо $x_i \in X^+$, то ймовірність того, що хоча б 1 раз з t користувач вгадає o^* і $S(x/x_0) > 0$ дорівнює

$$1 - \prod_{i=1}^t (1 - \frac{1}{m_i}) = Q.$$

Оскільки в $O(x_i)$ стани обиралися незалежно з ймовірностями q_{e_1} та в $O(x_0)$ стани обиралися незалежно з ймовірностями q_{k_1} , то в середньому

враховуючи незалежність випадкових величин $\frac{1}{m_i}$, $i = \overline{1, t}$ з (2.5) отримаємо

$$\begin{aligned} MQ &= 1 - \prod_{i=1}^t \left(1 - \frac{1}{q_{k_1} q_{c_1} n} (1 - (1 - q_{c_1} q_{k_1})^n) \right) = \\ &= 1 - \left(1 - \frac{1}{q_{k_1} q_{c_1} n} (1 - (1 - q_{c_1} q_{k_1})^n) \right)^t \end{aligned}$$

де q_{c_1} та q_{k_1} - ймовірності з якими обираються множини повідомлення та апіорної інформації на першому етапі.

Аналогічно на другому етапі q_{c_2} та q_{k_2} - ймовірності з якими обираються множини повідомлення та апіорної інформації на другому етапі. Оскільки користувач не довіряє спостерігачеві, то він буде брати доповнення до його похідомлення, тобто $O \setminus O(x)$. Відповідно,

$$\begin{aligned} MQ &= 1 - \prod_{i=1}^t \left(1 - \frac{1}{q_{k_2} (1 - q_{c_2}) n} (1 - (1 - (1 - q_{c_2}) q_{k_2})^n) \right) = \\ &= 1 - \left(1 - \frac{1}{q_{k_2} (1 - q_{c_2}) n} (1 - (1 - (1 - q_{c_2}) q_{k_2})^n) \right)^t \end{aligned}$$

Аналогічно на третьому етапі q_{c_3} та q_{k_3} - ймовірності з якими обираються множини повідомлення та апіорної інформації на третьому етапі. Користувач все ще вважає, що повідомлення спостерігача не містить істинного стану. Тому маємо формулу як на другому етапі, але зміст повідомлення спостерігача змінюється.

$$\begin{aligned} MQ &= 1 - \prod_{i=1}^t \left(1 - \frac{1}{q_{k_3} (1 - q_{c_3}) n} (1 - (1 - (1 - q_{c_3}) q_{k_3})^n) \right) = \\ &= 1 - \left(1 - \frac{1}{q_{k_3} (1 - q_{c_3}) n} (1 - (1 - (1 - q_{c_3}) q_{k_3})^n) \right)^t \end{aligned}$$

Аналогічно на четвертому етапі q_{c_4} та q_{k_4} - ймовірності з якими обираються множини повідомлення та апіорної інформації на четвертому етапі.

$$MQ = 1 - \prod_{i=1}^t \left(1 - \frac{1}{q_{k_4} q_{c_4} n} (1 - (1 - q_{c_4} q_{k_4})^n) \right) =$$

$$= 1 - \left(1 - \frac{1}{q_{k_4} q_{c_4} n} (1 - (1 - q_{c_4} q_{k_4})^n)\right)^t$$

Висновки до розділу 2

В цьому розділі теоретично досліджено стратегії поведінки учасників в моделях цінності інформації в умовах можливої дезінформації, Запропоновано новий підхід до побудови змісту множин апріорної інформації та повідомлення, який більше відповідає практичним задачам, сформовано більш строгі математичне формулювання задачі визначення можливої дезінформації в процесі обміну повідомленнями.

3 ПРАКТИЧНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ

В даному розділі наведено опис програми, яка моделює поведінку учасників в моделі цінності інформації описаної в минулому розділі. Програмну реалізацію розроблено мовою JavaScript. Код програми доступний за посиланням https://github.com/AnastasiiaMoroziuk/Masters_project.

3.1 Реалізація схеми обміну повідомленнями та підрахунок цінності інформації

Створено клас `TheObject`, який є реалізацією об'єкта спостереження та містить наступні поля:

- `allStates` - масив чисел, всі можливі стани об'єкта спостереження O ;
- `currentState` - число, поточний стан об'єкта спостереження o *;
- `statesNumber` - число, кількість станів об'єкта спостереження $|O|$.
- `initAllStates` - метод, заповнює масив `allStates` числами від 0 до `statesNumber`;
- `calculateNewState` - метод, випадково генерує нове поточне значення поточного стану `currentState`.

Створено клас `TheWatcher`, який є реалізацією спостерігача та містить наступні поля:

- `message` - масив чисел, повідомлення, яке формує спостерігач;
- `createMessage(sendCorrectInfo, trueState, allStates, count)` - метод, який заповнює масив `message` і тим самим формує повідомлення. Приймає наступні параметри:

- `sendCorrectInfo` - `true` або `false`, чи міститиме повідомлення істинний стан, тобто дезінформуюче повідомлення або ні;

- trueState - число, поточний істинний стан o^* ;
- allStates - масив чисел, всі можливі стани об'єкта спостереження
- множина O ;
- count - число, довжина масиву message - розмір повідомлення $|O(x)|$.

- createMessageRandomLength(sendCorrectInfo, trueState, allStates, prob) - метод, який заповнює message і тим самим формує повідомлення. Різниця з попереднім методом полягає в тому, що замість довжини повідомлення на вхід подається деяка ймовірність. Кожному елементу з усіх можливих станів генерується число від 0 до 1. Всі стани у яких це число менше ймовірності prob власне потраплять в повідомлення.

Створено клас TheUser, який є реалізацією користувач та містить наступні поля:

- priorData - масив чисел, апіорна інформація користувача x_0 ;
- chosenState - число, кандидат o' на істинний стан o^* ;
- getPriorData(trueState, allStates, count) - метод, який заповнює масив priorData та приймає наступні параметри:

- trueState - число, поточний істинний стан o^* ;
- allStates - масив чисел, всі можливі стани об'єкта спостереження
- множина O ;
- count - число, розмір апіорних даних користувача $|O(x_0)|$ - довжина масиву priorData.

- getPriorDataRandomLength(allStates, trueState, prob) - метод, який заповнює масив priorData. Різниця з попереднім методом полягає в тому, що замість розміру апіорної інформації користувача на вхід подається деяка ймовірність. Кожному елементу з усіх можливих станів генерується число від 0 до 1. Всі стани у яких це число менше ймовірності prob власне потраплять в апіорну інформацію користувача.

- caclulateGain(alpha, beta, probability) - метод, який повертає дохід (або втрати в випадку дезінформації) користувача та приймає наступні

параметри:

- alpha - число, деяка константа $\alpha > 0$, якою можна оцінити ефективність дій користувача, в випадку, якщо стан вгадано правильно, тобо $o' = o^*$;

- beta - число, деяка константа $\beta < \alpha$, якою можна оцінити ефективність дій користувача, в випадку, якщо стан вгадано неправильно, тобо $o' \neq o^*$;

- probability - число, ймовірність того, що обраний стан o' виявився істинним o^* , наприклад в запропонованій моделі це $\frac{1}{|O(x_0)|}$ або $\frac{1}{|O(x) \cap O(x_0)|}$

- choosePossibleState(message, allStates, trust) - метод, який присвоює значення полю класа chosenState, тобо обирає o' та приймає наступні параметри:

- message - масив чисел, повідомлення, яке отримав користувач;

- allStates - масив чисел, всі можливі стани об'єкта спостереження - множина O ;

- trust - true або false, параметр, який вказує чи довіряє користувач спостерігачу, в залежності від цього параметру користувач обирає множину станів претендентів на істинний стан.

- isGuessedState(trueState) - метод, який повертає true або false в залежності від того чи вгадав користувач істинний стан, приймає на вхід параметр - істинний стан.

3.2 Демонстрація роботи програми

На наступних рисунках зображено приклад роботи програми з наступною послідовністю дій:

- 1) ініціалізація станів об'єкта спостереження;
- 2) генерація поточного стану об'єкта спостереження;
- 3) спостерігач формує повідомлення з істинним станом;
- 4) користувач обчислює апіорний дохід;

- 5) користувач обчислює апостеріорний дохід;
- 6) користувач обчислює цінність інформації;
- 7) користувач намагається вгадати стан.

На рисунках 3.1 та 3.2 продемонстровано роботу реалізованих функцій. В обох випадках вважається, що спостерігач надіслав повідомлення яку містить істинний стан. Розміри повідомлення та апріорної інформації фіксовані.

```

Всі можливі стани об'єкта: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99
Поточний стан об'єкта: 56

Повідомлення сформоване спостерігачем з істинним станом: 74,98,57,28,88,70,99,13,58,35,66,56,16,96,19,24,79,69,54,12

Апріорна інформація користувача: 7,25,62,69,22,13,28,85,98,51,11,58,55,67,56,78,29,27,43,41
Можливі стани: 69,13,28,98,58,56

Апріорний дохід користувача: 1.05
Апостеріорний дохід користувача: 1.1666666666666667
Цінність інформації: 0.1166666666666667
Обраний стан 56
Стан обрано правильно

```

Рисунок 3.1 – Демонстрація роботи програми, користувач вгадав стан

```

Всі можливі стани об'єкта: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99
Поточний стан об'єкта: 4

Повідомлення сформоване спостерігачем з істинним станом: 4,46,68,50,99,33,52,5,80,96,30,62,42,74,14,70,84,35,21,32

Апріорна інформація користувача: 81,43,65,14,40,88,73,4,13,24,26,61,60,11,47,76,16,32,36,38
Можливі стани: 14,4,32

Апріорний дохід користувача: 1.05
● Апостеріорний дохід користувача: 1.3333333333333335
Цінність інформації: 0.2833333333333334
Обраний стан 32
Стан обрано неправильно

```

Рисунок 3.2 – Демонстрація роботи програми, користувач не вгадав стан

З рисунків видно, що на однакових параметрах апріорний дохід не

змінюється, тому що він залежить від потужності $O(x_0)$. Апостеріорний дохід змінюється, оскільки залежить від перетину $|O(x) \cap O(x_0)|$.

Продемонструємо роботу програми в випадку коли розміри повідомлення та апріорних даних не фііксовані. В цьому випадку вони будуть формуватись наступним чином. Для кожного елемента множини всіх можливих станів генерується відповідне йому число в проміжку від 0 до 1. Елементи, в яких це число менше за задане q потраплятимуть до множини повідомлення або апріорної інформації.

Нехай $q_k = 0.2$ та $q_c = 0.2$ ймовірності користувача і спостерігача відповідно за допомогою яких визначатимуться повідомлення та апріорна інформація.

```

Всі можливі стани об'єкта: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,
27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59
,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,9
2,93,94,95,96,97,98,99
Поточний стан об'єкта: 67

Повідомлення сформоване спостерігачем з істинним станом: 32,61,88,65,63,17,98,85,92,6,69,23,4,76,
28,79,67

Апріорна інформація користувача: 19,52,82,5,83,77,90,67,33,24,91,81,86,40,31,88,68,47,59,53,25,29
,11,27,69,72,78
Можливі стани: 67,88,69

Апріорний дохід користувача: 1.3333333333333335
Апостеріорний дохід користувача: 4
Цінність інформації: 2.6666666666666665
Обраний стан 67
Стан обрано правильно

```

Рисунок 3.3 – Демонстрація роботи програми, користувач вгадав стан, розміри $O(x)$ та $O(x_0)$ не фіксовані

На рисунках 3.3 та 3.4 продемонстровано роботу реалізованих функцій.

Як видно з результатів, навідму від попередніх рисунків 3.1 та 3.2 апріорний дохід змінюється. Розміри апріорної інформації в цих випадках вишли 27 та 19, а розміри повідомлень 17 та 26. Очікувалось, що розмір цих множин в середньому буде 20.

```

Всі можливі стани об'єкта: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,
27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,
60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,9
2,93,94,95,96,97,98,99
Поточний стан об'єкта: 49

Повідомлення сформоване спостерігачем з істинним станом: 32,49,66,78,19,89,88,69,97,63,37,72,80,6
7,81,13,17,8,24,90,57,25,61,96,45,44,65

Апріорна інформація користувача: 29,25,53,57,24,21,90,79,89,66,20,38,19,54,18,49,41,47,91
Можливі стани: 25,57,24,90,89,66,19,49

Апріорний дохід користувача: 1.473684210526316
Апостеріорний дохід користувача: 2.125
Цінність інформації: 0.6513157894736841
Обраний стан 57
Стан обрано неправильно

```

Рисунок 3.4 – Демонстрація роботи програми, користувач не вгадав стан, розміри $O(x)$ та $O(x_0)$ не фіксовані

3.3 Наявність дезінформації в схемі обміну повідомленнями

Далі продемонструємо роботу програми, але цього разу повідомлення спостерігача буде дезінформуючим, тобто не міститиме o^* . Розміри $O(x)$ та $O(x_0)$ не фіксовані, $q_k = 0.2$ та $q_c = 0.2$.

Цінність цього повідомлення буде рахуватись як різниця апостеріорного доходу і апріорного, якщо повідомлення дезінформуюче, то апріорний дохід повинен бути більше за апостеріорний, відповідно цінність інформації буде від'ємна.

Проте на практиці ці формули не працюватимуть, оскільки потужність перетину $O(x) \cap O(x_0)$ буде завжди менша або дорівнювати потужності $O(x_0)$. Тому апостеріорний дохід за цима формулами буде більше за апостеріорний і цінність буде додатньою.

$$V(x_0) = \frac{\alpha}{|O(x_0)|} + \left(1 - \frac{1}{|O(x_0)|}\right)\beta$$

$$V(x, x_0) = \frac{\alpha}{|O(x_0) \cap O(x)|} + \left(1 - \frac{1}{|O(x_0) \cap O(x)|}\right)\beta$$

Наведемо результат роботи програми на рисунку 3.5. Як видно з результатів, істинного стану немає в повідомленні та можливих станах-претендентах на o^* , але цінність інформації вийшла додатня.

```

Всі можливі стани об'єкта: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99
Поточний стан об'єкта: 61

Повідомлення сформоване спостерігачем без істинного стану: 46,81,99,23,66,1,34,68,29,12,87,22,44,88,98,2,35,20,57,43,26,7,97,84,86,6

Апріорна інформація користувача: 74,67,80,47,83,88,36,81,28,61,77,63,93,44,87,49,50,58,78,32
Можливі стани: 88,81,44,87

Апріорний дохід користувача: 1.45
Апостеріорний дохід користувача: 3.25
Цінність інформації: 1.8
Обраний стан 87
Стан обрано неправильно

```

Рисунок 3.5 – Демонстрація роботи програми, спостерігач надсилає дезинформуюче повідомлення, користувач не вгадав стан

Проведемо наступний практичний експеримент. Зафіксуємо певний стан об'єкта спостереження o^* . Нехай спостерігач надсилає повідомлення користувачеві, наприклад 100. Користувач виділяє множини станів-претендентів на o^* та рівномірно обирає з кожної множини стан o' , в випадку коли користувач довіряє спостерігачеві це буде $O(x_0) \cap O(x)$.

Якщо вгадав, то фіксуємо його "вийграш". Кількість вигравів поділена на кількість експериментів і буде ймовірністю вгадати стан за наявності апостеріорної інформації. А для знаходження ймовірності вгадування стану при наявності лише апріорної інформації користувач буде обирати стан з $O(x_0)$. З обрахованими ймовірностями обчислимо апостеріорний та апріорний доходи та цінність інформації.

Спробуємо провести експеримент на наступних даних:

$$- O = \{ 0, 1, 2, \dots, 98, 99 \}, |O| = 100$$

$$- o^* \notin O(x)$$

$$- \alpha = 10$$

$$- \beta = 1$$

$$- t = 100 - \text{кількість повідомлень яку надіслав користувач.}$$

В результаті очікуємо отримати нуль вигравів користувача коли він використовує повідомлення спостерігача та від'ємну цінність інформації. На рисунку 3.6 зображено результати експерименту. Дійсно отримуємо від'ємну цінність інформації та 0 вгадувань стану при наявності

апостеріорної інформацію. Також можна побачити, що апостеріорний дохід дорівнює β .

```

Всі можливі стани об'єкта: { 0, 1, 2, 3, ... , 96, 97, 98, 99 }
Поточний стан об'єкта: 98

Середній розмір апіорних даних: 20.48
Середній розмір повідомлення спостерігача: 20.05

Кількість вгадувань з апіорною інформацією: 2
Кількість вгадувань з апостеріорною інформацією: 0

Апіорний дохід: 1.18
Апостеріорний дохід: 1

Цінність інформації/втрати: -0.17999999999999994

```

Рисунок 3.6 – Експеримент, спостерігач надіслав дезинформуюче повідомлення, користувач довіряє спостерігачу.

Проведемо аналогічний експеримент, але $\sigma^* \in O(x)$. Очікуємо, що кількість вгадувань з апостеріорною інформацією буде більша за кількість вгадувань з апіорною та цінність інформації буде додатною. На рисунку 3.7 зображено результати.

```

Всі можливі стани об'єкта: { 0, 1, 2, 3, ... , 96, 97, 98, 99 }
Поточний стан об'єкта: 33

Середній розмір апіорних даних: 20.83
Середній розмір повідомлення спостерігача: 20.45

Кількість вгадувань з апіорною інформацією: 7
Кількість вгадувань з апостеріорною інформацією: 21

Апіорний дохід: 1.63
Апостеріорний дохід: 2.89

Цінність інформації/втрати: 1.26000000000000002

```

Рисунок 3.7 – Експеримент, спостерігач надіслав повідомлення, користувач довіряє спостерігачу.

3.4 Моделювання гри в дезінформацію. Учасникам відомі стратегії один одного

Розглянемо гру в дезінформацію, описану в першому розділі, з урахуванням попередніх міркувань про ймовірність вгадати стан.

1) Спостерігач надсилає дезінформуюче повідомлення, користувач не знає його стратегію. В результаті його втрати:

$$S(x_0/x) = V(x, x_0) - V(x_0) = \alpha q + (1-q)\beta - (\alpha p + (1-p)\beta) = \alpha q + \beta - q\beta - \alpha p - \beta + p\beta = \beta - \alpha p - \beta + p\beta = -p(\alpha - \beta) = -pC_{\alpha\beta}$$

2) Спостерігач надсилає дезінформуюче повідомлення, користувач не знає його стратегію. В результаті його дохід:

$$S(x_0/x) = V(x, x_0) - V(x_0) = \alpha q + (1-q)\beta - (\alpha p + (1-p)\beta) = \alpha q + \beta - q\beta - \alpha p - \beta + p\beta = q(\alpha - \beta) - p(\alpha - \beta) = C_{\alpha-\beta}(q - p)$$

3) Спостерігач надсилає повідомлення з істинним станом, користувач не знає його стратегію та діє згідно зі стратегією попереднього етапу. В результаті його втрати:

$$S(x_0/x) = -pC_{\alpha\beta}$$

4) Спостерігач надсилає повідомлення з істинним станом, користувач знає його стратегію та діє згідно зі стратегією попереднього етапу. В результаті його дохід:

$$S(x_0/x) = C_{\alpha-\beta}(q - p)$$

На рисунку ?? зображено результат роботи програми на чотирьох етапах, причому $x_0 \neq E$, $t = 100$ - кількість повідомлень яку надіслав користувач на одному етапі, $q_k = 0.2$ та $q_c = 0.2$, $\alpha = 10$ та $\beta = 1$.

```

Всі можливі стани об'єкта: { 0, 1, 2, 3, ... , 96, 97, 98, 99 }

----- Етап 1 -----
Спостерігач надсилає дезинформуюче повідомлення, користувач не знає стратегії спостерігача
Поточний стан об'єкта: 77
Середній розмір апіорних даних: 21.2
Середній розмір повідомлення спостерігача: 19.61
Кількість вгадувань з апіорною інформацією: 10
Кількість вгадувань з апостеріорною інформацією: 0
Апіорний дохід: 1.9
Апостеріорний дохід: 1
Цінність інформації/втрати: -0.8999999999999999

----- Етап 2 -----
Спостерігач надсилає дезинформуюче повідомлення, користувач знає стратегію спостерігача
Поточний стан об'єкта: 82
Середній розмір апіорних даних: 20.5
Середній розмір повідомлення спостерігача: 20.08
Кількість вгадувань з апіорною інформацією: 4
Кількість вгадувань з апостеріорною інформацією: 7
Апіорний дохід: 1.3599999999999999
Апостеріорний дохід: 1.63
Цінність інформації/втрати: 0.27

----- Етап 3 -----
Спостерігач надсилає повідомлення з істинним станом, користувач не знає стратегію спостерігача
Поточний стан об'єкта: 99
Середній розмір апіорних даних: 20.33
Середній розмір повідомлення спостерігача: 21.1
Кількість вгадувань з апіорною інформацією: 6
Кількість вгадувань з апостеріорною інформацією: 0
Апіорний дохід: 1.54
Апостеріорний дохід: 1
Цінність інформації/втрати: -0.54

----- Етап 4 -----
Спостерігач надсилає повідомлення з істинним станом, користувач знає стратегію спостерігача
Поточний стан об'єкта: 1
Середній розмір апіорних даних: 19.38
Середній розмір повідомлення спостерігача: 20.54
Кількість вгадувань з апіорною інформацією: 9
Кількість вгадувань з апостеріорною інформацією: 28
Апіорний дохід: 1.81
Апостеріорний дохід: 3.5200000000000005
Цінність інформації/втрати: 1.7100000000000004

```

Рисунок 3.8 – Гра в дезинформацію, $x_0 \neq E$.

Спробуємо продовжити гру до 20 етапів та подивитись як змінюються дохід та цінність інформації, варто зауважити, що ця гра зациклюється після четвертого етапу, відповідно, очікуємо приблизно однакові результати на кожному четвертому етапі. На рисунку 3.9 наведено результати роботи програми.

З отриманих результатів проведених експериментів можна побачити наступне:

1) Дійсно, як і було описано в другому розділі, якщо $V(x, x_0) > \beta$, $x \in X^+$. З рисунків видно, що коли користувача не дезинформують, апостеріона інформація більша за $\beta = 1$.

2) Відповідно, коли користувача дезинформують, тобто $x \in X^-$, то $V(x, x_0) = 1 = \beta$.

stage	watcher send correct	user trusts	x_0 lenght	x lenght	wins prior	wins post	gain prior	gain post	value
1	false	true	20.67	20.37	5	0	1.450	1.000	-0.450
2	false	false	21.73	20.17	6	8	1.540	1.720	0.180
3	true	false	19.99	21.32	6	0	1.540	1.000	-0.540
4	true	true	21.17	21.27	3	25	1.270	3.250	1.980
5	false	true	20.39	19.56	6	0	1.540	1.000	-0.540
6	false	false	20.57	20.03	6	10	1.540	1.900	0.360
7	true	false	21.01	20.78	4	0	1.360	1.000	-0.360
8	true	true	20.76	21.1	7	26	1.630	3.340	1.710
9	false	true	20.75	19.61	2	0	1.180	1.000	-0.180
10	false	false	20.84	20.09	5	6	1.450	1.540	0.090
11	true	false	21.16	20.86	8	0	1.720	1.000	-0.720
12	true	true	20.92	20.67	5	30	1.450	3.700	2.250
13	false	true	19.69	19.95	5	0	1.450	1.000	-0.450
14	false	false	21.75	19.78	4	9	1.360	1.810	0.450
15	true	false	20.56	21.01	3	0	1.270	1.000	-0.270
16	true	true	20.74	20.75	5	29	1.450	3.610	2.160
17	false	true	20.76	20.1	5	0	1.450	1.000	-0.450
18	false	false	20.24	19.77	6	6	1.540	1.540	0.000
19	true	false	20.83	21.21	2	0	1.180	1.000	-0.180
20	true	true	20.13	20.25	3	31	1.270	3.790	2.520

Рисунок 3.9 – Гра в дезинформацію, $x_0 \neq E$, 20 етапів.

3) Так само, коли не має місце дезинформація $x \in X^+$, то $S(x/x_0) > 0$.

4) Відповідно, коли має місце дезинформація $x \in X^-$, отримали цінність $S(x/x_0) < 0$.

В попередніх експериментах аби обрахувати значення p та q було надіслано 100 повідомлень на кожному етапі гри в дезинформацію. Але можливо на заданих параметрах користувач може розпізнати дезинформацію і за менше повідомлень. Для цього проведемо експеримент.

Експеримент полягатиме в моделюванні гри в дезинформацію, на кожному етапі якої буде надіслано $\{1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100\}$ повідомлень користувачеві. Користувач буде обчислювати цінність інформації. Якщо, спостерігач надіслав дезинформуюче повідомлення та користувач розпізнав його, тобто отримав від'ємну цінність інформації, то фіксуємо перемогу. Проведемо 100 ітерацій такого експерименту для кожної кількості повідомлень. Кількість таких перемог поділена на 100 буде ймовірністю розпізнати дезинформацію та користувач може змінити стратегію. Відповідно на етапах, коли користувач знає стратегію спостерігача, скільки йому потрібно отримати повідомлень аби впевнитись в діях спостерігача. Тоді питання полягає в тому скільки

потрібно спостерігачеві надіслати повідомлень аби користувач міг розпізнати дезінформацію з ймовірністю більше ніж 0.5. Експеримент проводився на наступних параметрах.

$$- O = \{ 0, 1, 2, \dots, 98, 99 \}, |O| = 100$$

$$- \alpha = 10$$

$$- \beta = 1$$

$$- q_k = q_c = 0.2$$

На рисунках 3.10 та 3.11 зображено результати проведено експерименту. З результатів видно, що на заданих параметрах достатньо надіслати 50 повідомлень аби користувач з ймовірністю 0.5 розпізнав дезінформацію або навпаки впевнився в своїй стратегії на всіх етапах гри.

Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.02 для 1 повідомлень. Середня цінність -0.1800
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.09 для 1 повідомлень. Середня цінність 0.0900
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.06 для 1 повідомлень. Середня цінність -0.5400
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.28 для 1 повідомлень. Середня цінність 2.3400
Середня цінність 0.4275
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.21 для 5 повідомлень. Середня цінність -0.4680
Етап2: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.21 для 5 повідомлень. Середня цінність -0.0540
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.19 для 5 повідомлень. Середня цінність -0.3600
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.58 для 5 повідомлень. Середня цінність 1.4940
Середня цінність 0.1530
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.29 для 10 повідомлень. Середня цінність -0.3240
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.35 для 10 повідомлень. Середня цінність 0.1980
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.49 для 10 повідомлень. Середня цінність -0.4950
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.8 для 10 повідомлень. Середня цінність 1.6290
Середня цінність 0.2520
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.69 для 20 повідомлень. Середня цінність -0.5220
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.44 для 20 повідомлень. Середня цінність 0.0630
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.67 для 20 повідомлень. Середня цінність -0.4455
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.96 для 20 повідомлень. Середня цінність 1.6785
Середня цінність 0.1935
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.83 для 30 повідомлень. Середня цінність -0.4620
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.37 для 30 повідомлень. Середня цінність 0.0360
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.78 для 30 повідомлень. Середня цінність -0.4590
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.97 для 30 повідомлень. Середня цінність 1.8540
Середня цінність 0.2422
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.81 для 40 повідомлень. Середня цінність -0.4027
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.48 для 40 повідомлень. Середня цінність 0.0698
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.81 для 40 повідомлень. Середня цінність -0.4140
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.99 для 40 повідомлень. Середня цінність 1.7662
Середня цінність 0.2548

Рисунок 3.10 – Експеримент, кількість повідомлень 1 - 50.

Проведемо наступний експеримент, нехай спостерігач так само на кожному етапі гри надсилає по 100 повідомлень. Користувач їх отримує, обчислює доходи та цінність. Проведемо 100 етапів гри в дезінформацію (на кожному 4 етапі стратегії однакові) таким чином як було описано

Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.91 для 50 повідомлень. Середня цінність -0.3978
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.52 для 50 повідомлень. Середня цінність 0.0882
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.91 для 50 повідомлень. Середня цінність -0.4518
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.98 для 50 повідомлень. Середня цінність 1.8144
Середня цінність 0.2632
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.91 для 60 повідомлень. Середня цінність -0.4440
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.65 для 60 повідомлень. Середня цінність 0.1845
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.95 для 60 повідомлень. Середня цінність -0.5115
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.98 для 60 повідомлень. Середня цінність 1.6755
Середня цінність 0.2261
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.96 для 70 повідомлень. Середня цінність -0.4436
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.57 для 70 повідомлень. Середня цінність 0.1273
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.93 для 70 повідомлень. Середня цінність -0.4487
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.99 для 70 повідомлень. Середня цінність 1.7601
Середня цінність 0.2488
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.96 для 80 повідомлень. Середня цінність -0.4174
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.55 для 80 повідомлень. Середня цінність 0.0934
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.97 для 80 повідомлень. Середня цінність -0.4466
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.99 для 80 повідомлень. Середня цінність 1.7134
Середня цінність 0.2357
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.98 для 90 повідомлень. Середня цінність -0.4410
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.67 для 90 повідомлень. Середня цінність 0.1510
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.96 для 90 повідомлень. Середня цінність -0.4460
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 1 для 90 повідомлень. Середня цінність 1.8100
Середня цінність 0.2685
Етап1: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 0.94 для 100 повідомлень. Середня цінність -0.4068
Етап2: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.54 для 100 повідомлень. Середня цінність 0.0837
Етап3: Користувач визначив дезінформацію з ймовірністю 1 для 100 повідомлень. Середня цінність -0.4644
Етап4: Користувач впевнився в своїй стратегії та отримує додатній дохід з ймовірністю 0.99 для 100 повідомлень. Середня цінність 1.7586
Середня цінність 0.2428

Рисунок 3.11 – Експеримент, кількість повідомлень 60 - 100.

раніше та продемонструємо середню цінність інформації за однакові етапи гри та загальну цінність за всі етапи.

Одночасно проведемо ще один експеримент. Спостерігач так само посилатиме 100 повідомлень, але користувач, на етапах, коли впевнений, що його дезінформують з ймовірністю більше 0.5 може змінити стратегію. Таким чином, на основі попереднього експерименту, користувач на етапах 1 та 3 може змінити стратегію після 50 повідомлень. На етапах 2 та 4, користувач впевнений в своїй стратегії та не буде її змінювати.

На рисунку 3.12 наведено результати описаного вище експерименту. Як видно з результатів, при зміні стратегії одразу після виявлення дезінформації, користувачеві вдається зменшити втрати, особливо на етапі 3.

```

Експеримент 1:
Середня цінність інформації на етапі 1: -1.9979999999999998
Середня цінність інформації на етапі 2: 0.4995000000000003
Середня цінність інформації на етапі 3: -2.196
Середня цінність інформації на етапі 4: 4.257

Цінність інформації за всі етапи: 0.5625
-----
Експеримент 2:
Середня цінність інформації на етапі 1: -1.4220000000000002
Середня цінність інформації на етапі 2: 0.5894999999999999
Середня цінність інформації на етапі 3: -0.5535
Середня цінність інформації на етапі 4: 4.095

Цінність інформації за всі етапи: 2.7089999999999996

```

Рисунок 3.12 – Експеримент, вплив зміни стратегії.

Висновки до розділу 3

В даному розділі наведено опис програми, яка моделює поведінку учасників в моделі Шанкіна, реалізовано запропоновану гру в дезинформацію, реалізовано запропонований підхід до побудови множин повідомлень та апріорної інформації. Проведено ряд експериментів з реалізованими моделями. Експериментально визначено скільки повідомлень повинен отримати користувач, щоб з ймовірність більше ніж 0.5 розпізнати дезинформацію або навпаки впевнитись в своїй стратегії на заданих параметрах, як зміна стратегії після визначення дезинформації впливає на загальну цінність інформації.

ВИСНОВКИ

В даному дослідженні розглянуто поняття інформації та її властивостей. Особлива увага зосереджена на понятті цінності інформації.

Саме ця властивість характеризує чи може інформація бути практично застосована, використана для досягнення поставленої мети та відповідає потребам споживача інформації. Проведено огляд джерел за напрямком дослідження, зокрема модель цінності інформації Шанкіна з метою подальшого дослідження поведінки учасників в моделі цінності інформації в процесі багатократного обміну повідомленнями, в тому числі з можливою дезінформацією.

Теоретично досліджено стратегії учасників в моделях цінності інформації в умовах можливої дезінформації. Запропоновано новий підхід до побудови змісту множин апріорної інформації та повідомлення. На відміну від першоджерела, сформульовано більш строгу математичне формулювання постановки задачі визначення дезінформації в процесі обміну повідомленнями, запропоновано зміну стратегії користувача.

Розроблено програму для моделювання поведінки учасників в моделі цінності інформації Шанкіна. Реалізовано описану в моделі гру в дезінформацію, реалізовано запропонований підхід до побудови множин повідомлень та апріорної інформації. Проведено ряд експериментів з реалізованими моделями. Експериментально визначено скільки повідомлень повинен отримати користувач, щоб з ймовірність більше ніж 0.5 розпізнати дезінформацію або навпаки впевнитись в своїй стратегії на заданих параметрах. Експериментально встановлено як впливає зміна стратегії користувача після визначення дезінформації на загальну цінність інформації на заданих параметрах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Морозевич А.Н. Основи економічної інформатики, 1998.
2. Романов В.П. Інтелектуальні інформаційні системи в економіці, 2003.
3. Кондаков Н.І. Логічний словник – довідник, 1976.
4. Богуш В.М., Кривуця В.Г., Кудін А.М. Інформаційна безпека. Термінологічний навчальний посібник, 2004.
5. Шанкин Г.П. Ценность информации. Вопросы теории и приложений.
6. Стратонович Р. Л. «Теория информации». - М.: Сов. радио, 1975
7. Стратонович Р. Л. «О ценности информации». - Изв. АН СССР, Технич. кибернетика, 1965, No 5, с. 3- 12.
8. Вінер Н. Моє ставлення до кібернетики, її минуле і майбутнє. М.: Радянське радіо, 1969. С. 23
9. Shannon C. E.. A Mathematical Theory of Communication. — Bell System Technical Journal[en]
10. Харкевич А. А. «О ценности информации». - Проблемы кибернетики, вып. 4, 1960.
11. R. Glazer, Measuring the value of information: the information-intensive organization, 1993.