



УДК 519.876.5

INFORMATION VALUE IN CONTROL SYSTEMS

ЦІННІСТЬ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ

Losikhin D. / Лосіхін Д.А.*senior lecturer / старший викладач*

ORCID: 0000-0002-6325-7263

Titova O. / Тітова О.В.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0009-0004-7474-2506

Chorna O. / Чорна О.С.*senior lecturer / старший викладач*

ORCID: 0000-0002-5812-7413

Fursa O. / Фурса О.О.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2821-0248

Sihunov O. / Сігунов О.О.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0009-0000-3735-9381

Kravets O. / Кравець О.В.*postgraduate / аспірант*

ORCID: 0000-0002-3079-7562

Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Lazariana, 2, 49010
Український державний університет науки і технологій, Дніпро, Лазаряна, 2, 49010

Анотація. В роботі поставлено завдання оцінки цінності інформації у системах управління. Розглянуто структуру системи управління як інформаційної системи. Вибрано визначальні властивості інформації у системах управління. Сформульовано критерій оцінки цінності інформації.

Ключові слова: ефективність систем управління, цінність інформації в системах управління.

Вступ.

Підвищення ефективності АСУТП є одним із фундаментальних завдань теорії управління. Також це є актуальною проблемою у багатьох галузях промисловості: хімічній та нафтохімічній, харчовій, енергетичній, нафтогазовій, фармацевтичній, біомедичній інженерії та багатьох інших для оптимізації процесів, підвищення продуктивності, якості та безпеки, мінімізації витрат.

Доцільність прийняття тих чи інших альтернативних проектних рішень потребує відповідного обґрунтування та оцінки на різних рівнях подання системи управління. Основою будь-якої кібернетичної системи є інформація. Для об'єктивної оцінки систем управління необхідно вибрати інформаційні критерії, відповідно до яких визначається цінність системи.



Цінність інформації для деякої системи полягає у забезпеченні потреби цієї системи необхідної інформації.

Щоб оцінити цінність інформації системи управління, необхідно спочатку виділити основні властивості інформації, що впливають на якість управління.

Основний текст.

Якість управління у системі залежить як від властивостей елементів системи, так і від процесів, що характеризують цілеспрямовану взаємодію цих елементів. На обраному рівні абстракції (рис. 1) розглянемо кібернетичну систему як інформаційну систему, яка безперервно сприймає, переробляє та передає інформацію; тут інформація визначає зв'язки між входами та виходами елементів системи.

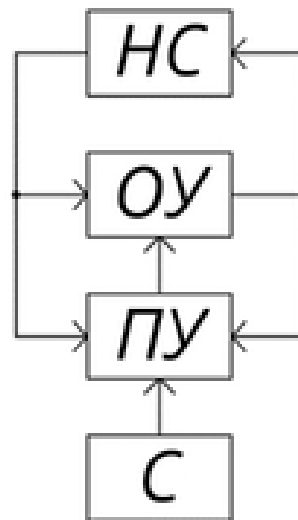
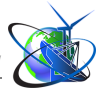


Рисунок 1 – Структурна схема кібернетичної системи

На початковому етапі інформацію одержують; дані – вимірювана первинна інформація про стан навколишнього середовища НС та об'єкта управління ОУ – надходить на вхід пристрою управління ПУ. Обробка даних здійснюється в ПУ алгоритмами первинної обробки інформації, мета яких – виділити дійсні значення вимірюваних фізичних величин із сигналу з перешкодою. Наступний етап обробки вимірювальної інформації – розрахунок керуючих впливів на ОУ щодо мети управління, що виходить від суб'єкта С. Тут мета управління – або заданий, або розрахований за математичною моделлю оптимальний стан ОУ. Таким чином, в основі управління лежить інформація про стан ОУ, НС і С.



Методика проведення дослідження.

Оскільки розв'язання задач обробки інформації здійснюється в умовах стохастичної невизначеності, визначальними властивостями інформації вибрано точність та достовірність. Забезпечення точності та достовірності інформації на етапі первинної обробки інформації пов'язане із забезпеченням повноти інформації для наступного етапу – розрахунку управляючих впливів на ОУ.

До визначальних властивостей інформації слід також віднести її актуальність (старіння інформації 1-го роду). Час, витрачений на вирішення завдань первинної обробки інформації, залежить від кількості вимірюваних параметрів ОУ і НС та від властивостей випадкової складової відповідного ряду виміряних значень. Розрахунок керуючих впливів на ОУ заснований на використанні спеціальних алгоритмів управління за математичними моделями об'єктів управління. Час, витрачений на розрахунок керуючих впливів, залежить від складності розв'язуваної задачі. Слід звернути увагу на динамічні властивості ОУ. Час переходу ОУ в цільовий стан з моменту застосування до нього керуючих впливів можна оцінити за перехідними характеристиками ОУ.

Таким чином, час, витрачений ПУ на обробку інформації в системах управління, можна умовно розділити на 3 основні складові:

- t_1 , час, необхідний для отримання повної інформації про ОУ (тут необхідно враховувати, що алгоритми управління можуть бути розраховані на невизначеність вихідної інформації);

- t_2 , час, необхідний для розрахунку керуючих впливів на ОУ (для статичних моделей ОУ);

- t_3 , час переходу ОУ в цільовий стан (для динамічних моделей);

- час передачі сигналів вимірювальними каналами тут не враховується.

У реальному режимі часу, коли під впливом внутрішніх та зовнішніх чинників стан елементів системи постійно змінюється, має місце процес старіння інформації 2-го роду. Через дрейф показників елементів системи, параметри і навіть структура математичної моделі ОУ, на основі якої розраховуються управляючі впливи, недостатньо точно відповідають реальному об'єкту.



Вирішення цієї проблеми здійснюється спеціальними алгоритмами параметричної чи структурної ідентифікації.

Загалом, в умовах достатньої повноти інформації та при необхідному функціонуванні алгоритмів ідентифікації модель процесу старіння інформації в системах управління основана на затримках часу вироблення керуючих впливів $\Delta t = t_1 + t_2 + t_3$ відносно моменту t_0 отримання даних про керований об'єкт.

Нехай завдання забезпечення повноти інформації в системі вирішено для визначених дискретних моментів часу отримання інформації.

Результати дослідження і обговорення.

Якщо вимірюваний процес є детермінованим і досить добре вивченим, то, здійснюючи ефективну екстраполяцію, можна уникнути втраті інформації між моментами її отримання. У разі стохастичних процесів, втрати інформації уникнути неможливо, і процес екстраполяції в даному випадку пов'язаний з помилкою, що виділяється в передбаченому значенні.

Сучасні уявлення проблеми, пов'язаній з процесом старіння інформації в системах управління, мають такий розв'язок, що на перший план виноситься ефективний для вимірюваного процесу метод екстраполяції. Існують різні методи екстраполяції, наприклад, прогноз за останнім значенням, прогноз за математичним очікуванням, статистичний прогноз за однією точкою та інші, ефективність яких залежить від ймовірнісних властивостей вимірюваного процесу. Далі вирішується завдання оцінки якості екстраполяції. Вибирається критерій, пов'язаний з помилкою прогнозу. Найпоширенішим критерієм є середній квадрат помилки. Тоді чим краща екстраполяція, тим менша помилка прогнозу і, як наслідок цього, старіння інформації зменшується в межах періоду кроку екстраполяції.

Оскільки старіння інформації визначається властивостями ОУ і ПУ, кількісну оцінку цього можна одержати непрямим способом за величиною втрат під час управління. І цим визначити цінність інформації у системі управління.

Процес старіння інформації описується залежністю зміни показника якості технологічного процесу від часу. Залежність відбиває втрати якості в системі W



від часу вироблення управляючих впливів t .

Припустимо, що на етапі проектування обрано оптимальний алгоритм керування A , властивості якого визначають час розв'язання задачі керування t_{opt} . Цьому значенню t_{opt} відповідатимуть втрати якості керованого процесу W_{min} (рис.2).

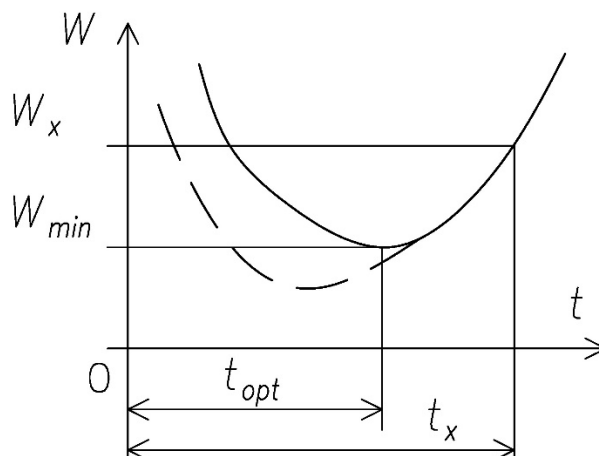


Рисунок 2 – Втрати під час керування, зумовлені процесом старіння інформації

Втрати виражаються в абсолютних одиницях виміру якості:

$$W_x = Q_{max} - Q_x, (1)$$

де W_x – величина втрат при управлінні за період t_x ;

Q_{max} – максимальний показник якості процесу, що розраховується за математичною моделлю без урахування втрат при управлінні;

Q_x – апостеріорний показник якості процесу, що враховує втрати при керуванні.

Нехай стан об'єкта управління характеризується вхідними змінними $x_{вх}$, внутрішніми змінними $x_{вн}$, вихідними змінними $x_{вих}$, вихідними координатами x_k :

$$x = \{x_{вх}, x_{вн}, x_{вих}, x_k\}. (2)$$

Стан керованого об'єкта характеризується вхідними змінними $y_{вх}$, внутрішніми змінними $y_{вн}$, вихідними змінними $y_{вих}$, керуючими координатами y_k :

$$y = \{y_{вх}, y_{вн}, y_{вих}, y_k\}. (3)$$



Позначимо:

Δt – період вироблення керуючих впливів (або час вирішення завдання управління);

A – алгоритм розв'язання задачі управління;

n – кількість інформації, що перетворюється під час вирішення завдання управління за час Δt .

Тоді функція, яка визначає величину втрат за період Δt , описується наступним чином:

$$W = f(\Delta x, \Delta y, A, n, \Delta t), \quad (4)$$

де Δx , Δy – змінені стани об'єкта управління та керуючого об'єкта за час Δt , за якими розраховуються втрати, відповідно.

Процес старіння інформації впливає на якість управління. І в цьому аспекті правомірно поставити завдання підвищення ефективності системи управління шляхом мінімізації втрат під час управління:

$$W = f(\Delta x, \Delta y, A, n, \Delta t) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Для випадку стохастичних процесів втрати у системі управління оцінюються функцією ризику:

$$R = \sum_{i=0}^m M\{W(\Delta x, \Delta y, A, n, \Delta t)\} \rightarrow \min, \quad (6)$$

де M – символ математичного очікування;

i – один із тактів роботи системи тривалістю Δt ;

m – кількість тактів роботи системи.

Висновки.

1. Зменшити втрати при управлінні (або збільшити ефективність системи управління) можливо, зменшуючи період вироблення керуючого впливу, тобто, скорочуючи період старіння інформації у системі управління (рис. 2). Збільшення втрат $W(t)$ ліворуч від t_{opt} зумовлено неповнотою інформації.

2. Моделюючи систему в середовищі імітаційного моделювання, можна підрахувати втрати, отримані за рахунок процесу старіння інформації, оцінити цінність інформації у системі управління та ефективність її використання, а також обґрунтувати вибір оптимального варіанта системи управління.



Наприклад, на рис. 2 пунктирною лінією позначений графік функції втрат для альтернативного, кращого за вибраним критерієм, варіанта системи управління.

3. Застосування такого кібернетичного підходу до визначення процесу старіння інформації в системах управління не суперечить його класичній моделі.

Література:

1. Августин Р.Р., Богач Ю.А. Управління інформаційними зв'язками: Навчальний посібник. – Тернопіль, ТНЕУ. 2013. – 240 с.

2. Тернова Т.І. Інформаційні технології в автоматичних системах управління [Текст] / Т. І. Тернова, Н.А. Кругла, О.І. Сердюк // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2019. – № 4(116). – С. 31-36

3. Інформаційна невизначеність каліброваних засобів вимірювань / Манко Г.І., Тітова О.В. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2021. – № 5 (269). – С. 38-41

4. Information Approach to Assessing the Quality of Measuring Instruments / G. Manko, E. Titova // Ukrainian Metrological Journal. – 2021 – № 4. – С. 15-19

5. Цифрова обробка сигналів: навч. посібник / А.Й. Наконечний, Р.А. Наконечний, В.А. Павлиш. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 368 с.

6. ISO/IEC Guide 98-3:2008(E). Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) – 120 p.

7. Мороз Б. Методи визначення цінності інформації для організації її захисту [Текст] / Б. Мороз, О. Молотков, Ю. Ульяновська // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2001. – № 2. – С. 46-53

8. Яровий Л.В. Теоретичні підходи до оцінювання інформаційних ресурсів / Л.В. Яровий // Наукові праці Національного університету харчових технологій. - 2015. - Т. 21, № 2. – С. 93-99.



Abstract. The task is to estimate the value of information of control systems. The structure of the control system as an information system is considered. Defining properties of information in control systems are chosen. The criterion of an assessment of value of information is formulated.

Key words: efficiency of control systems, information value in control systems.

Статтю надіслано: 18.12.2025 р.

© Лосіхін Д.А., Тітова О.В., Чорна О.С.,

Фурса О.О., Сігунов О.О., Кравець О.В.