

identification marks today remain relevant and allow to carry out the corresponding procedures concerning set of various features of objects of research. The purpose of the article is to analyze the application, identify the positive aspects of the applied methods of research of vehicle identification numbers and their units and possible areas for improvement of relevant procedures during the forensic examination of a comprehensive study of vehicles.

Using a systematic approach, the decomposition of existing methods of research of vehicle identification numbers and their units was carried out. It is demonstrated that the existing methods of studying the signs of destruction, forgery or replacement of license plates of vehicles, their components and units allow a thorough analysis of all the features of the objects of study (magnetic, optical, fluorescent, physical, chemical, etc.). On the basis of the physical properties of metals and the features of their interaction with various chemical substances, the message sets forth the mechanism and advantages of using the method of electrochemical etching of iron-based alloys during research to identify markings, detection relief signs and hidden welds.

As a result of the conducted researches the efficiency of using this or that method was established, which allows to establish with sufficient probability the fact of intervention or forgery of the primary number. In addition, the analysis makes it possible to provide recommendations for improving existing and creating new methods for the study of vehicle identification numbers.

examination, research methods, identification number, vehicle, forensic expert

Одержано (Received) 17.03.2021

Прорецензовано (Reviewed) 29.03.2021

Прийнято до друку (Approved) 26.04.2021

УДК 656

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4\(35\).178-189](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4(35).178-189)

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук, **А.В. Гриньків**, ст. наук. співр., канд. техн. наук, **С.В. Лисенко**, доц., канд. техн. наук, **О.М. Лівіцький**, здобувач, **А.С. Чернай**, здобувач, **Д.В. Голуб**, доц., канд. техн. наук, **А.О. Головатий**, асп.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: AulinVV@gmail.com*

Теоретичне обґрунтування управління функціонуванням технічними та транспортними системами на основі методів системної теорії інформації

В роботі з теоретичної точки зору обґрунтовано управління функціонуванням транспортних та експлуатацією технічних систем на основі методу системної теорії інформації. Пропонується вектор та матриця стану на основі діагностичної інформації та чутливості впливу діагностичних параметрів на стан транспортних або технічних систем. Властивості сенситивності (чутливості) відображені на основі класичних та узагальнених інформаційних формул А. Харкевича, К. Шеннона, Р. Хартлі. Використані коефіцієнти квантовості (емерджентності) інформації за виразами Шеннона-Харкевича і Хартлі, враховано рівень складності змінених станів системи управління.

Розроблено універсальний чисельний метод і інструментарій до нього, що дозволяє проводити інформаційні розрахунки на основі діагностичних даних стану досліджуваних об'єктів. Розглянуто рівень системної організації транспортних і технічних систем й управління ними як активними об'єктами.

Визначено, що семантична інформаційна модель дозволяє при малих вибірках та співставленості часткових критеріїв добре обґрунтувати інтерпретації розпізнавання станів об'єкта, розроблених по векторам їх класів.

Виявлено поведінку систем, коли вони повністю детерміновані і повністю випадкові, що важливо при прогнозуванні їх стану.

транспортна система, технічна система, сенситивність, теорія інформації, діагностична інформація

© В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, О.М. Лівіцький, А.С. Чернай, Д.В. Голуб, А.О. Головатий, 2021

Постановка проблеми. Актуальність удосконалення системи управління станами і рівнем надійності в транспортних і технічних системах обумовлена передусім необхідністю якісної, достовірної та своєчасної інформації про стан і надійність. В основу досліджень доцільно покласти методи теорії інформації. На увагу заслуговують методи системної теорії інформації з урахуванням множини діагностичних параметрів (векторів і матриць діагностичних параметрів стану), їх сенситивність при визначеній еволюції станів, щільності інформації та її емерджентності. Показано, що до теорії інформації про стан транспортних і технічних систем слід долучити сукупність узагальнених інформаційних формул К. Шеннона, А. Харкевича і Р. Хартлі та їх класичні варіанти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки, проблема управління транспортними та технічними системами тісно пов'язана із сучасною проблемою обробки великої за обсягом бази даних (інформації про стан) [1-3], то зростання складності управлінських ситуацій і систем управління вимагає застосування радикальних наукових рішень. Ефективне та раціональне управління експлуатацією парку транспортних машин (ТМ) або автотранспортної техніки (АТТ) та функціонуванням транспортних систем потребує урахування їх станів, умов експлуатації та функціонування, можливостей проведення необхідного комплексу заходів та технічних дій по забезпеченню працездатності.

Аналіз робіт вчених з теорії і практики технічної експлуатації ТМ та АТТ [4,5] та експлуатації транспортних систем [3,6] свідчить, що розвиток методів забезпечення їх працездатності і функціонування відбувається у напрямку удосконалення методів теорії інформації. Технічний стан елементів ТМ і АТТ, працездатність модулів парку машин та стан транспортної системи можливо описати на основі сукупності діагностичних параметрів їх стану [2,3,7] та показників надійності. При цьому діагностичні параметри поділяються на впливові та на ті, що практично не реагують на зміну функцій стану ТМ і АТТ транспортних систем. Одним з варіантів такого рішення є розподілене інтелектуальне мережеве управління, засноване на застосуванні кіберфізичного підходу при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем [8].

Формування такого підходу дослідження стану транспортних систем, ТМ і АТТ модулів парку машин доцільним є при використанні методів теорії чутливості [9]. Особливо це стосується використання критеріїв статистичної інформативності та відносної чутливості [10], а також еволюційні обчислювання їх життєвого циклу на основі генетичних алгоритмів [11]. При цьому корисним є застосування теоретико-методологічних основ побудови транспортних і технічних систем [12-14]. Ефективність функціонування транспортних і технічних систем підвищується при реалізації фізико-інформаційного підходу [15], автоматизації і інформатизації транспортних засобів на основі розподільної системи управління мехатронними модулями [16-18]. На основі кіберфізичного підходу та методів системної теорії інформації можлива організація логістичних центрів в Україні [19], а на основі структурно-функціональних резервних схем процесу доставок в промисловості та сільськогосподарському виробництві забезпечується високий рівень функціонування транспортних систем [20] при ефективних використаннях ТМ, АТТ і модулів парку машин. Зазначене потребує теоретичного обґрунтування та розв'язання проблеми їх удосконалення.

Постановка завдання. Метою даної роботи є теоретично, на основі функцій стану, сукупності діагностичних параметрів та методів системної теорії інформації, обґрунтувати можливості ефективного управління функціонуванням транспортних та експлуатацією технічних систем.

Виклад основного матеріалу. Функції станів об'єктів можливо представити як у вигляді вектору:

$$S = (S_1, S_2, \dots, S_i), \quad (1)$$

так і у вигляді матриці:

$$S = \{S_{ij}\} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1j} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{i1} & S_{i2} & \dots & S_{ij} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де $S_i = f(D_{i1}, \dots, D_{ij})$ – функція діагностичних параметрів.

Коефіцієнти, що враховують ступінь впливу відносних змін діагностичних параметрів на стан досліджуваного об'єкта, є коефіцієнтами чутливості або сенситивом $Sen(S(D))$:

$$SenS(D) = \lim_{\Delta D \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta S}{S} / \frac{\Delta D}{D} \right) = \lim_{\Delta D \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta S}{\Delta D} \cdot \frac{D}{S} \right) = \lim_{\Delta D \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta S}{\Delta D} \right) \cdot \frac{D}{S} = \frac{dS}{dD} \cdot \frac{D}{S} = \frac{S'(D)}{S/x} = \frac{S'(D)}{S(D)}; \quad (3)$$

$$SenS(D) = \frac{S'(D)}{\overline{S(D)}}, \quad (4)$$

де $S'(D)$ – похідна, а $\overline{S(D)}$ – усереднена функція стану. Сенситив функції стану від сукупності діагностичних параметрів (діагностичної інформації) можна подати у вигляді логарифмічної похідної:

$$SenS(D) = \frac{d \ln(S(D))}{d(\ln(D))}. \quad (5)$$

Сенситив функції стану досліджуваних об'єктів від діагностичних параметрів необхідний для визначення найбільш впливових та інформаційно-визначальних діагностичних параметрів в управлінні організаційно-технічними системами: технічної експлуатації АТТ; технічного сервісу АТТ; стану модулів парку машин; транспортних систем в цілому.

Сенситивність розглядається як в дискретному, так і у безперервному відображеннях об'єктів дослідження. В дискретному випадку сенситивність полягає у чисельному визначенні похідних, використовуючи метод кінцевих різниць:

$$SenS(D) = \frac{\Delta \ln(S(D))}{\Delta \ln D} = \frac{\ln(S(D_2)) - \ln(S(D_1))}{\ln(D_2) - \ln(D_1)} = \frac{\ln(S(D_2)/S(D_1))}{\ln(D_2/D_1)}. \quad (6)$$

При цьому властивості сенситиву і логарифмів практично співпадають:

$$Sen(S(D)) = \frac{1}{sen(D(S))}; \quad (7)$$

$$Sen(S(D_1)(D_2)) = Sen(S(D_1)) + Sen(S(D_2)), \quad (8)$$

$$SenS\left(\frac{(D_1)}{(D_2)}\right) = Sen(S(D_1)) - Sen(S(D_2)); \quad (9)$$

де D_1, D_2 – вектори діагностичних параметрів:

$$(D_1) = (D_{11}, D_{12}, \dots, D_{1j}); \quad (D_2) = (D_{21}, D_{22}, \dots, D_{2j}).$$

$$\text{Якщо } S(D) = a^D, \quad \text{то } \text{Sen}S(D) = D \cdot \ln a. \quad (10)$$

Всі решта властивостей стану об'єктів, як функцій діагностичних параметрів не співпадають за властивостями логарифмів. Властивості сенситиву (коефіцієнта відносної чутливості) визначають, виходячи із визначення (3). При цьому область значень відносної чутливості становить: $-\infty < \text{Sen}S(D) < +\infty$. Властивості сенситивності, відображені формулами (2)-(9), дозволяють можливість зв'язку сенситиву з кількістю інформації Хартлі-Нейквіста-Больцмана, К.Шеннона – в області $(0; +\infty)$ і Харкевича – в області $(-\infty; +\infty)$, в які входить логарифмічна функція.

Системна міра доцільності діагностичної інформації таких об'єктів як різноманітні технічні (елементи ТМ і АТТ, відокремлені одиниці ТМ і АТТ, модулі і парк машин в цілому) та транспортні системи, їх зв'язку, відображені у вигляді інформаційних функцій в узагальненій та класичній формул (рис. 1).

Використані у схемі зв'язків формул коефіцієнти квантовості (емерджентності) інформації визначаються виразами:

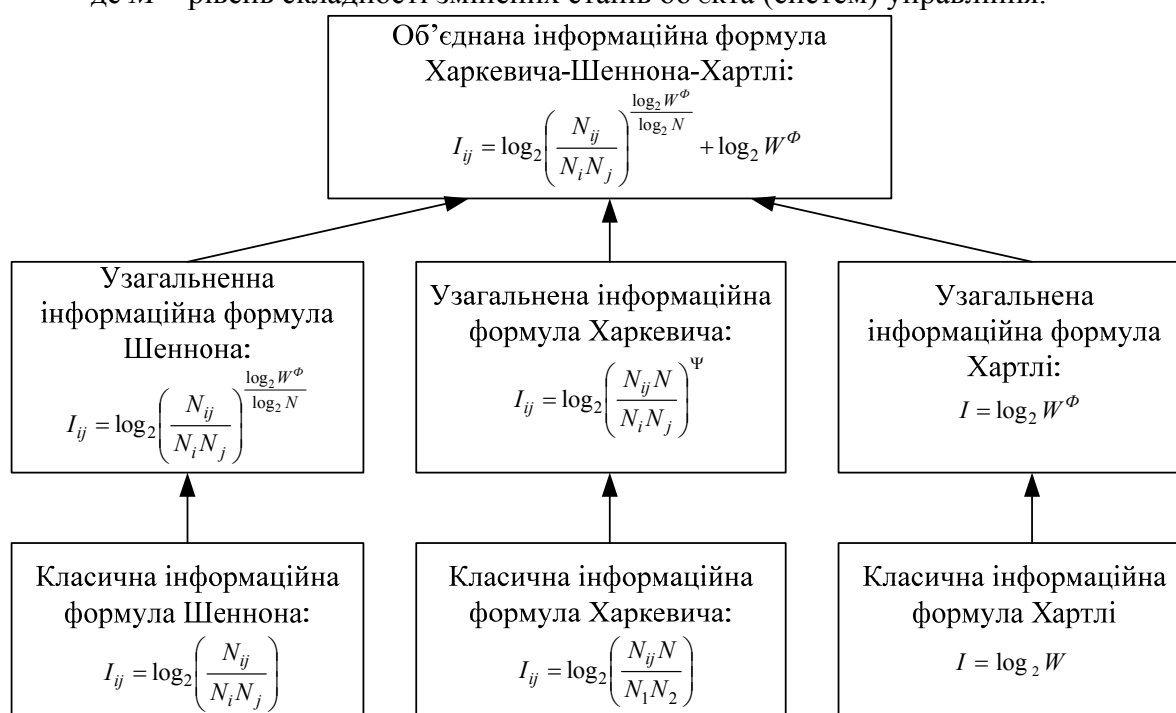
– Шеннона-Харкевича:

$$\Psi = \frac{\log_2 W^\Phi}{\log_2 N}; \quad (11)$$

– Хартлі:

$$\Phi = \frac{\log_2 \sum_{m=1}^M C_W^m}{\log_2 W}, \quad (12)$$

де M – рівень складності змінених станів об'єкта (систем) управління.



W – кількість класів множини станів об'єкта управління; N_{ij} – сумарна кількість появи параметру D_i у об'єкта, що перейшов в стан S_j ; N_j – сумарна кількість параметрів у об'єкта, що перейшли в j -й стан; N_i – сумарна кількість i -го параметру у всіх об'єктів; N – сумарна кількість різних параметрів у всіх об'єктів

Рисунок 1 – Схема зв'язку класичних та узагальнених формул, що стосується функцій щільності діагностичної інформації про стан технічних і транспортних систем

Джерело: розроблено авторами

Авторами розроблено універсальний чисельний метод і інструментарій до нього, що дозволяє проводити інформаційні розрахунки на основі безпосередніх емпірично діагностичних даних, їх представлення наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Форми представлення емпіричної бази даних для розрахунку сенситиву впливу діагностичних параметрів на функцію стану об'єкта

$S(D_1 \dots D_M)$	$Sen_D S(D)$	$S_1(D_1 \dots D_M)$	$Sen_{D_1} S_1(D)$	$S_2(D_1 \dots D_M)$	$Sen_{D_2} S_2(D)$	...	$S_W(D_1 \dots D_M)$	$Sen_D S_W(D)$
D_1	$Sen_{D_1} S(D)$	D_{11}	$Sen_{D_{11}} S_1(D)$	D_{12}	$Sen_{D_{12}} S_2(D)$	...	D_{1W}	$Sen_{D_{1W}} S_W(D)$
D_2	$Sen_{D_2} S(D)$	D_{21}	$Sen_{D_{21}} S_1(D)$	D_{22}	$Sen_{D_{22}} S_2(D)$	...	D_{2W}	$Sen_{D_{2W}} S_W(D)$
...
D_M	$Sen_{D_M} S(D)$	D_{M1}	$Sen_{D_{M1}} S_1(D)$	D_{M2}	$Sen_{D_{M2}} S_2(D)$	...	D_{MW}	$Sen_{D_{MW}} S_W(D)$

Джерело: розроблено авторами

Чисельний розрахунок сенситиву стану (коефіцієнту чутливості) технічної та транспортних систем проводять за формулами (6), (8)-(10).

В даній роботі процес інформаційного аналізу стану об'єктів дослідження пропонується на основі узагальнення класичної теорії інформації Хартлі-Шеннона, шляхом розгляду квантових і активних об'єктів та їх складових. Системну (узагальнену) теорію інформації (СТІ) можливо розглядати як систему або квантову (емерджентну). При цьому враховується передусім властивості системності як фундаментальної і універсальної властивості усіх об'єктів: системи ТМ, АТТ, транспортних систем.

Системна модифікація формули Хартлі для кількості інформації представляється у вигляді:

$$I = \log_2 \sum_{m=1}^M C_W^m, \quad (13)$$

де W – кількість класичних станів системи; C_W^m – сполука з W по m класичних станів.

Оскільки $C_W^1 = W$, то при $M=1$ виконується принцип відповідності, що є обов'язковим для більш загальної теорії інформації. Формула (13) дає верхню оцінку можливої кількості інформації стану системи різної природи, тобто можливі різні правила заборони і реальна кількість можливих станів буде менша, ніж C_W^m .

Для системної модифікації, при використанні формули Р.Хартлі до випадку $M=W$, маємо:

$$I = \log_2(2^W - 1). \quad (14)$$

Визначено, що при $W > 4$ похибка даного виразу (14) складає менше 1%. Додаткова інформація поведінки об'єкта в СТІ є інформацією про множину усіх її можливих станів, як системи елементом якої є об'єкт, що знаходиться в деякому стані. Чисельні розрахунки свідчать, що при зростанні кількості елементів в системах частка системної інформації в поведінці їх елементів прискорено зростає.

Модифікація класичної формули А. Харкевича є нелінійною суперпозицією класичних виразів для щільності інформації К.Шеннона і кількості інформації Р.Хартлі:

$$I_{ij} = \log_2 \left(\frac{N_{ij}}{N_i \cdot N_j} \right)^{\frac{\log_2 W^\Phi}{\log_2 N}} + \log_2 W^\Phi, \quad (15)$$

де Φ – коефіцієнт емерджентності Р.Хартлі (рівень системної організації об'єкта), що має W станів:

$$\Phi = \left(\log_2 \sum_{m=1}^M C_W^m \right) / \log_2 W, \quad (16)$$

Останній вираз враховує взаємозв'язок між діагностичними параметрами і майбутніми станами досліджуваних об'єктів управління, та їх потужністю. Крім цього поєднується можливість інтегрального і дискретного опису об'єктів, що є основою формалізації змісту, а також задовольняють принципіву відповідність. Зазначимо, що перетворення, які відбуваються у формулі Р.Хартлі, характеризують випадок, коли кожному класу стану об'єкта відповідає одна гранична ознака або граничне значення (діагностичного показника), і кожній ознаці – один клас. Ці класи станів мають бути рівномірні.

Зазначене свідчить про те, що вираз (15) є оптимальним за сформульованими критеріями для цілей побудови семантичної інформаційної моделі об'єктів управління. Їх можливо застосувати для синтезу рефлексивних автоматизованих систем управління або кіберфізичних систем управління. В даній семантичній інформаційній моделі генерується узагальнена таблиця рішень, в яких входи (діагностичні параметри) і виходи майбутніх станів активного об'єкта управління (АОУ) зв'язані один з одним.

Синтез узагальнюючих таблиць прийняття рішень для управління станами технічних (АТТ, парк машин) та транспортних систем здійснюється безпосередньо на основі емпіричних вихідних даних (табл.1). На основі узагальнюючих таблиць формуються прямі і зворотні правдоподібні нечіткі) логічні міркування за неklasичними схемами з різним розрахунком значень істинності, що є узагальненням класичних імплікацій.

При цьому в прямих міркуваннях як передумови розглядаються діагностичні параметри, а як висновок – майбутні етапи АОУ, а у зворотних – слідуєть навпаки. Ступінь істинності i -ої передумови – це кількість інформації I_{ij} , що містить про реалізацію j -го майбутнього стану активного об'єкта управління. Зазначимо, що інформаційний семантичний простір є неортонормованим. В такому просторі відстань П.Маханалобіса (евклідовий простір) є незастосовною, оскільки вимірюють відстань від центроїди, а не між векторами. Враховуючи останнє на основі леми Неймана-Пірсона, в якості неметричної міри схожості запропоновано використовувати сумарну кількість інформації у різних формах:

– векторна:

$$I_j = (\vec{I}_{ij}, \vec{L}_i); \quad (17)$$

– координатна:

$$I_j = \sum_{i=1}^A I_{ij} L_i, \quad (18)$$

де $\vec{I}_{ij} = (I_{ij})$ – вектор j -го стану об'єкта управління, координати якого в інформаційному семантичному просторі розраховуються згідно системного узагальнення формули А.Харкевича; $\vec{L}_i = L_i$ – булев-вектор стану досліджуваного об'єкта, що включає усі види факторів (параметрів), характеризуючих систему управління й можливі управлінські впливи і зовнішнє середовище.

Семантична інформаційна модель дозволяє вирішити завдання ідентифікації та

прогнозування розвитку досліджуваних технічних і транспортних систем. При цьому здійснюються: розклад вектора об'єкта по векторах класів, а також розробляються ефективні управлінські впливи шляхом рішення зворотного завдання прогнозування і застосування елементів нетрадиційної логіки та нечітких міркувань. В семантичній інформаційній моделі об'єднані переваги змістовних і статистичних моделей, створені передумови для реалізації автоматизованої системи когнітивного аналізу транспортних та технічних систем.

З'ясовано, що взаємозв'язок, семантичної міри А.Харкевича зі χ^2 – статистикою Ч.Спірмена, дає можливість використовувати на практиці нову статистичну міру наявності причинно-наслідкових зв'язків H_{p-n} в транспортних і технічних системах. В основі статистичної міри лежить модифікована формула А.Харкевича:

$$H_{p-n} = \left(\frac{1}{AW-1} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^A (I_{ij} - \bar{I})^2 \right)^{1/2}, \quad (19)$$

де $\bar{I} = \frac{1}{AW} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^A I_{ij}$ – середня інформативність ознак або діагностичних параметрів

по матриці інформативності.

Стійкість семантичної інформації моделі при малих вибірках та співставленість часткових критеріїв добре обгрунтованих інтерпретацій розпізнавання технічних станів об'єкта, розроблених по векторам класів. Це дає можливість запропонувати робасті процедури управління, а також розробки процедури забезпечення структурної репрезентативності вибірки. Коефіцієнт емерджентності Р.Хартлі Φ при цьому характеризує відносне перевищення кількості інформації про систему, її елементи та модулі з урахуванням системних ефектів: зменшення числа станів, ієрархічна структура підсистем та ін. Розгляд кількості інформації без урахування системності, тобто коефіцієнту Φ , відображає рівень системності досліджуваного об'єкта. При цьому рівень системності змінюється від 1 до $W/\log_2 W$. Для кожної кількості елементів технічних та транспортних систем існує свій максимальний рівень системності, реально не можливо досягати через ускладнення при реалізації в системі ряду підсистем різних рівнів ієрархій.

Характерним для коефіцієнту емерджентності А.Харкевича, $\psi \in [0;1]$, є те, що він визначає ступінь детермінованості системи. Якщо $\psi=1$, то система є повністю детермінованою і її поведінка однозначно визначається дією мінімальної кількості факторів (параметрів), яких стільки скільки є станів в системі. При $\psi=0$ система є повністю випадковою, а її поведінка не залежить від дії факторів (параметрів), тобто є незалежно від їх кількості.

Більшість реальних технічних і транспортних систем мають $0 < \psi < 1$, поведінка яких залежить від багатьох факторів (параметрів), число яких не перевищує кількість станів системи, причому жодний з станів не визначається однозначно ніякими поєднаннями діючих факторів (параметрів).

Результати досліджень свідчать, що збільшення рівнів системності впливає на семантичну інформаційну модель аналогічно підвищенню рівня детермінованості. Якщо рівень системності, знижується як і ступінь детермінованості системи, то це приводить до послаблення впливу факторів (параметрів) на поведінку і стан технічних та транспортних систем. Зазначене характеризує інфляційні процеси впливу факторів (параметрів), в т.ч. діагностичних параметрів, на стан систем.

Висновки.

1. Для визначення ступеню впливу діагностичного параметру на сукупність

станів транспортної та технічної (сукупність елементів та одиниць автотракторної техніки або транспортних машин, модуль парку машин та ін.) запропоновано коефіцієнт чутливості або сенситив відносної зміни діагностичного параметра на стан досліджуваного об'єкта. Розглянуті основні властивості сенситивів станів транспортних та технічних систем.

2. Показано, що властивості сенситивності дозволяють їх зв'язати з кількістю інформації Хартлі-Нейквіста-Больцмана, К.Шеннона і А.Харкевича. Побудована схема зв'язку класичних і узагальнених формул, щільності діагностичної інформації про стан транспортних і технічних систем.

У схемі зв'язку використані коефіцієнти квантовості (емерджентності) інформації.

3. Розроблено універсальний чисельний метод і інструментарій, що дає можливостей проводити інформаційні розрахунки на базі емпіричних даних про стан транспортних і технічних систем, впливу на них діагностичних параметрів.

4. Розглянуто різні випадки системної модифікації формули Хартлі та формули Харкевича для кількості інформації, в яких враховано кількість станів системи та рівень системної організації об'єктів, який враховує як взаємозв'язок між діагностичними параметрами і майбутніми станами об'єкта управління, так і їх майбутніми станами об'єкта управління, так і їх потужністю.

5. За сформульованими критеріями інформативності і сенситивності та запропоновано семантичну інформаційну модель досліджуваних об'єктів управління. Показано, що її можливо застосувати для синтезу рефлексивних автоматизованих або кіберфізичних систем управління. Доведено синтез узагальнених таблиць прийняття рішень для управління станами технічних та транспортних систем.

6. Виявлено, що семантична інформаційна модель дозволяє вирішити завдання їх ідентифікації та прогнозування розвитку. Показано, що в даній моделі об'єднані переваги змістовних і статистичних моделей та створені передумови для реалізації автоматизованої системи когнітивного аналізу транспортних та технічних систем.

7. З'ясовано, що взаємозв'язок семантичної міри Харкевича з χ^2 – статистикою Спірмена дає можливість використовувати на практиці нову статистичну міру наявності причинно-наслідкових зв'язків в транспортних і технічних системах з використанням модифікованої формули Харкевича.

8. Розглянуто зв'язок кількості інформації з коефіцієнтом системності. Визначено, що для кожної кількості елементів транспортної та технічної системи існує свій максимальний рівень, який неможливо досягти на практиці. Показано, що ступінь детермінованості транспортних і технічних систем визначає коефіцієнт емерджентності Харкевича, за яким можливо оцінити поведінку системи, ступінь випадковості та детермінованості станів, а також зв'язок їх з кількістю елементів системи.

Список літератури

1. Чехарин Е. Е. Большие данные: большие проблемы. *Перспективы науки и образования*. 2016. № 3. С. 7–11.
2. Аулин В.В., Замота Т.Н., Гриньків А.В., Лысенко С.В., Крупица О.В., Панайотов К.К. Обоснование использования современных подходов для усовершенствования диагностирования систем и агрегатов автомобиля. *Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2019. Вип. 2(33). С.65-75.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін та ін.; під заг. ред. В. В. Ауліна. Кропивницький: Лисенко В. Ф., 2020. 428с.
4. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. та ін. Принципи побудови та функціонування кіберфізичної системи технічного сервісу автотранспортної та мобільної сільськогосподарської

- техніки. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: науковий журнал*. - Харків : ХНТУСГ, 2020. № 22. С. 162-174.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Системна концепція аналізу автотранспортної техніки та зміни її технічного стану під час експлуатації. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту*: матеріали VIII-ої міжн. наук.-практичної інтернет-конф., 14-15 квітня 2020 р.: зб. наук. праць / МОН України, ВНТУ [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2020. С.20-22.
 6. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Головатий А.О. Стан проблем щодо впровадження інтелектуальних транспортних і виробничих систем та методи їх вирішення в глобальному масштабі. *Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту*: зб. наук. матеріалів міжнар. науково-практичної інтернет-конференції, ЦНТУ м.Кропивницький, Україна, 18-19 листопада 2020 р. Кропивницький. 2020. С.13-18.
 7. Аулін В., Гриньків А., Головатий А. Рівні завдань та структура функціонування системи технічного сервісу транспортних машин. *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем*: матеріали II Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 25-27 березня 2020 р. Рівне : НУВГП, 2020. С. 123-125.
 8. Khaitan et al. Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey, *IEEE Systems Journal*, 2014, 9(2), pp.1-16.
 9. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичний аналіз діагностичних параметрів технічного стану систем та агрегатів засобів транспорту за допомогою методів теорії чутливості. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. 2017. Вип. 262. С. 227-239.
 10. Аулін В.В., Гриньків А.В. Метод визначення тенденцій зміни технічного стану засобів транспорту з використанням критеріїв статистичної інформативності та відносної чутливості. *Крамаровські читання*: зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції, 22-23 лют. 2018 р., К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. С. 132-135.
 11. Аулін В.В., Панков А.А. Эволюционное вычисление жизненного цикла технических средств на основе генетических алгоритмов. *Вісник інж. академії України*. 2017. №2. С.116-119.
 12. Аулін В.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Теоретико-методологічні основи побудови транспортно-логістичних систем. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту*: Матеріали VI-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 12-13 квітня 2018 року. Вінниця: ВНТУ, 2018. С.9-10.
 13. Аулін В.В. Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Оптимізація і управління ресурсами в транспортно-логістичній системі АПК. *Міжвузівський збірник "Наукові нотатки"*. Луцьк: Луцький НТУ, 2018. №62. С.8-11.
 14. Аулін В.В., Великодний Д.О., Голуб Д.В., Дьяченко В.О. Підвищення ефективності управління логістичним ланцюгом постачання в транспортній системі. *Крамаровські читання*: зб. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції. 21-22 лют. 2019 р., м. Київ: НУБіП, 2019. С. 195-198.
 15. Аулін В.В., Голуб Д.В. Реалізація фізико-інформаційного підходу дослідження проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування транспортних систем. *Вестник ХНАДУ*, 2018. вып. 81. С.21-28.
 16. Аулін В.В., Панков А.А. Автоматизация и информатизация транспортных средств на основе распределенной системы управления с интеллектуальными мехатронными модулями. *Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту*: збірник наукових матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, ЦНТУ м.Кропивницький, Україна, 14-15 листопада 2018 року. Кропивницький. 2018. С.97-100.
 17. Аулін В.В., Панков А.О., Гриньків А.В., Голуб Д.В., Щеглов А.В. Розробка інтелектуального мехатронного модуля для системи управління дозуванням. *Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІІРТК-2019)*: збірник тез Дванадцятій міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2019 року, Київ, Україна. К.: НАУ, 2019. С.173-175.
 18. Aulin V.V., Pankov A.O., Zamota T.M., Lyashuk O.L., Hrynkiv A.V., Tykhyi A.A., Kuzyk A. V. Development of mechatronic module for the seeding control system. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2019. vol. 59, no.3. P. 181-188.
 19. Aulin V., Pavlenko O., Velikodnyu D., Kalinichenko O, Hrinkiv A., Diychenko V., Dzyura V. Methodological approach to estimation of efficiency of the facing of the stock complex of transport and logistic centers in Ukraine. *ICCPT 2019: Current Problems of Transport*: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine. С.120-134.
 20. Аулін В.В., Голуб Д.В. Забезпечення ефективності функціонування транспортних систем шляхом

підвищення надійності структурно-функціональних резервних схем процесу доставки. *Наука – виробництво 2019*: зб. тез доповідей викладачів, аспірантів та співробітників Л наукової конференції, 18 квітня 2019 року. Кропивницький: ЦНТУ, 2019. С. 17-20.

References

1. Cheharin, E.E. (2016). Bolshie dannyye: bolshie problemyi [Big data: big problems]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Prospects for science and education*. 3. 7-11 [in Russian].
2. Aulin, V.V., Zamota, T.N., Hrynkiv, A.V., Lysenko, S.V., Krupitsa, O.V. & Panayotov, K.K. (2019). Rationale for the use of modern approaches to improve the diagnosis of systems and units of the car [Obosnovanie ispolzovaniya sovremennyih podhodov dlya usovershenstvovaniya diagnostirovaniya sistem i agregatov avtomobilya]. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical sciences.– Tsentralnoukrayinskiy naukoviy visnik. Tehnichni nauki. Vol. 2 (33)*. 65-75 [in Russian].
3. Methodological bases of designing and functioning of intellectual transport and production systems [Metodolohichni osnovy proektuvannya ta funktsionuvannya intelektualnykh transportnykh i vyrobnychykh system : monohrafiia]: monograph / V.V. Aulin et al.; under the general ed. V.V. Aulin. Kropyvnytsky: Lysenko VF. 2020. 428 [in Ukrainian].
4. Aulin, V.V., Hrynkiv, A.V., Lysenko, S.V. etc. (2020). Principles of construction and operation of the cyberphysical system of technical service of motor transport and mobile agricultural machinery [Pryntsy py pobudovy ta funktsionuvannya kiberfizychnoi systemy tekhnichnoho servisu avtotransportnoi ta mobilnoi silskohospodarskoi tekhniki]. *Technical service of agro-industrial, forest and transport complexes: scientific journal. – Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv: naukoviy zhurnal - Kharkiv: KhNTUSG*. 22. 162-174 [in Ukrainian].
5. Aulin, V.V., Hrynkiv, A.V. & Holovaty, A.O. (2020) System concept of analysis of motor vehicles and changes in its technical condition during operation [Systemna kontseptsiiia analizu avtotransportnoi tekhniki ta zminy yii tekhnichnoho stanu pidchas ekspluatatsii]. Problems and prospects for the development of road transport: *materials of the VIII International scientific-practical Internet conference – materialy VIII-oi mizhn. nauk.-praktychnoi internet-konf.*, April 14-15, 2020: coll. Science. works / MES of Ukraine, VNTU [etc.]. Vinnytsia: VNTU [in Ukrainian].
6. Aulin, V.V., Hrynkiv, A.V., Lysenko, S.V., Holub, D.V. & Holovaty, A.O. (2020) The state of problems in the implementation of intelligent transport and production systems and methods for solving them on a global scale [Stan problem shchodo vprovadzhennia intelektualnykh transportnykh i vyrobnychykh system ta metody yikh vyrishennia v hlobalnomu masshtabi]. Innovative technologies for the development and efficiency of road transport: *Coll. Science. materials international. scientific-practical Internet conference – zb. nauk. materialiv mizhnar. naukovopraktychnoi internet-konferentsii*, CNTU Kropyvnytskyi, Ukraine, November 18-19, 2020 Kropyvnytskyi [in Ukrainian].
7. Aulin, V., Hrynkiv, A. & Holovaty, A. (2020) Levels of tasks and the structure of the system of technical service of transport vehicles [Rivni zavdan ta struktura funktsionuvannya systemy tekhnichnoho servisu transportnykh mashyn]. Innovative technologies of machine building development and efficient functioning of transport systems: *materials of the II International scientific and technical Internet conference – materialy II Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii* on March 25-27, 2020. Rivne: NUVGP[in Ukrainian].
8. Khaitan et al. Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey (2014), *IEEE Systems Journal*, 9(2), pp.1-16 [in English].
9. Aulin, V.V. & Hrynkiv, A.V. (2017). Teoretychnyi analiz diahnostychnykh parametriv tekhnichnoho stanu system ta ahrehativ zasobiv transportu za dopomohoiu metodiv teorii chutlyvosti [Theoretical analysis of diagnostic parameters of technical condition of systems and units of means of transport by means of methods of the theory of sensitivity]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Serii: tekhnika ta enerhetyka APK - Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex. Vol. 262*. 227-239 [in Ukrainian].
10. Aulin, V.V. & Hrynkiv, A.V. (2018). Metod vyznachennia tendentsii zminy tekhnichnoho stanu zasobiv transportu z vykorystanniam kryteriiv statystychnoi informatyvnosti ta vidnosnoi chutlyvosti [The method of determining trends in the technical condition of vehicles using the criteria of statistical informativeness and relative sensitivity]. *Kramarov readings: zb. tez dopovidei V Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii - collection. abstracts of the V International Scientific and Technical Conference*, 22-23 liut. 2018 r., K.: Vydavnychiy tsentr NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
11. Aulin, V.V. & Pankov, A.A. (2017). Evolyutsionnoe vyichislenie zhiznennogo tsikla tehniceskikh sredstv na osnove geneticheskikh algoritmov [Evolutionary calculation of the life cycle of technical means based

- on genetic algorithms]. *Visnyk inzh. akademii Ukrainy - Bulletin of Eng. Academy of Ukraine*. 2, 116-119 [in Russian].
12. Aulin, V.V., Velykodnyi, D.O. & Diachenko, V.O. (2018). Teoretyko-metodolohichni osnovy pobudovy transportno-lohistychnykh system [Theoretical and methodological foundations of construction of transport and logistics systems]. Problems and prospects for the development of road transport: *Materialy VI-oi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii - Proceedings of the VI International Scientific and Practical Internet Conference*, 12-13 kvitnia 2018 roku. Vinnytsia: VNTU, S.9-10 [in Ukrainian].
 13. Aulin, V.V., Velykodnyi, D.O. & Diachenko, V.O. (2018). Optyimizatsiia i upravlinnia resursamy v transportno-lohistychnii systemi APK [Optimization and management of resources in the transport and logistics system of agro-industrial complex]. *Mizhvuzivskiy zbirnyk "Naukovi notatky" - Interuniversity collection "Scientific Notes"*. Lutsk: Lutskiy NTU. 62. 8-11 [in Ukrainian].
 14. Aulin, V.V., Velykodnyi, D.O., Holub, D.V. & Dchenko, V.O. (2019). Pidvyshchennia efektyvnosti upravlinnia lohistrychnym lantsiuhom postachannia v transportnii systemi [Improving the efficiency of logistics supply chain management in the transport system]. *Kramarov readings: zb. tez dopovidei VI Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii - collection. abstracts of the VI International Scientific and Technical Conference*. 21-22 liut. 2019 r., m. Kyiv: NUBiP, S. 195-198 [in Ukrainian].
 15. Aulin V.V., Holub D.V. (2018). Realizatsiia fizyko-informatsiinoho pidkhodu doslidzhennia problemy pidvyshchennia nadiinosti ta efektyvnosti funktsionuvannia transportnykh system [Implementation of the physical and information approach to the study of the problem of improving the reliability and efficiency of transport systems]. *Vestnik HNADU - Bulletin of KhNADU. Vol. 81*. 21-28 [in Ukrainian].
 16. Aulin V.V., Pankov A.A. (2018). Avtomatizatsiya i informatizatsiya transportnykh sredstv na osnove raspredelennoy sistemy upravleniya s intellektualnyimi mehatronnyimi modulyami [Automation and informatization of vehicles based on a distributed control system with intelligent mechatronic modules]. *Innovative technologies for the development and efficiency of road transport: zbirnyk naukovykh materialiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii - a collection of scientific materials of the international scientific-practical Internet conference*, TsNTU m.Kropyvnytskyi, Ukraina, 14-15 lystopada 2018 roku. Kropyvnytskyi. S.97-100 [in Russian].
 17. Aulin, V.V., Pankov, A.O., Hrynkiv, A.V., Holub, D.V. & Shcheglov, A.V. (2019). Rozrobka intelektualnoho mehatronnoho modulua dlia systemy upravlinnia dozuvanniam. *Intehrovani intelektualni robototekhnichni komplekxy (IIRTK-2019)*: zbirnyk tez Dvanadtsiatoi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 21-22 travnia 2019 roku, Kyiv, Ukraina. K.: NAU, S.173-175 [in Ukrainian].
 18. Aulin, V.V., Pankov, A.O., Zamota, T.M., Lyashuk, O.L., Hrynkiv, A.V., Tykhyi, A.A. & Kuzyk, A.V. (2019). Development of mechatronic module for the seeding control system. *INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 59, no.3*. 181-188 [in English].
 19. Aulin, V., Pavlenko, O., Velikodnyy, D., Kalinichenko, O., Hrinkiv, A., Diychenko, V. & Dzyura, V. (2019). Methodological approach to estimation of efficiency of the facing of the stock complex of transport and logistic centers in Ukraine. *ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference*, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine. Pp.120-134 [in English].
 20. Aulin, V.V. & Holub, D.V. (2019). Zabezpechennia efektyvnosti funktsionuvannia transportnykh system shliakhom pidvyshchennia nadiinosti strukturno-funktsionalnykh rezervnykh skhem protsesu dostavky [Ensuring the efficiency of transport systems by increasing the reliability of structural and functional backup schemes of the delivery process]. *Science - production 2019: zb. tez dopovidei vykladachiv, aspirantiv ta spivrobotnykiv L naukovo konferentsii - coll. abstracts of reports of teachers, graduate students and staff of the L scientific conference*, 18 kvitnia 2019 roku. Kropyvnytskyi: TsNTU, S. 17-20 [in Ukrainian].

Viktor Aulin, Prof., Dr. tech. sci., **Andrey Grinkiv**, Senior Researcher, PhD tech. sci., **Serhii Lysenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksandr Livitskyi**, applicant, **Andrii Chernai**, applicant, **Dmytro Holub**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Artem Holovaty**, post-graduate

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Theoretical Substantiation of Management of Functioning of Technical and Transport Systems on the Basis of Methods of the System Theory of Information

In the work from the theoretical point of view the management of functioning of transport and operation of technical systems on the basis of a method of the system theory of information is substantiated. The state vector and matrix on the basis of diagnostic information and sensitivity of influence of diagnostic parameters on a condition of transport or technical systems are offered. The properties of sensitivity (sensitivity) are reflected on the basis of classical and generalized information formulas of A. Kharkevich, K. Shannon, R. Hartley. The coefficients of quantum (emergence) of information according to the expressions of Shannon-Kharkevich and

Hartley are used, the level of complexity of the changed states of the control system is taken into account.

The scheme of connections of classical and generalized formulas which reflect functions of density of the diagnostic information on a condition of technical and transport systems is constructed.

A universal numerical method and tools for it have been developed, which allows to perform information calculations on the basis of diagnostic data of the state of the studied objects. Numerical calculation refers to the sensitivity of the state (sensitivity factor) of technical and transport systems. The level of system organization of transport and technical systems and their management as active objects is considered. It is noted that the principle of correspondence is fulfilled, which is mandatory for a more general information theory. The system modification is implemented using the Hartley formula, and the modification in the classical case is the Kharkevich formula.

It is determined that the semantic information model allows for small samples and comparison of partial criteria to well substantiate the interpretations of object state recognition, developed by the vectors of their classes.

It is revealed that the semantic information model combines the advantages of meaningful and statistical models created for the implementation of the automated system of cognitive analysis of transport and technical systems. The behavior of systems is revealed when they are completely deterministic and completely random, which is important in predicting their state.

transport system, technical system, sensitivity, information theory, diagnostic information

Одержано (Received) 21.03.2021

Прорецензовано (Reviewed) 10.04.2021

Прийнято до друку (Approved) 26.04.2021

УДК 338.236

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4\(35\).189-197](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4(35).189-197)

О.М. Лівіцький, асист.

*Центральнoукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: LivitskyiOM@gmail.com*

Вдосконалення технічного сервісу автотракторної техніки в умовах агропромислового виробництва

Розглянуто стан технічного сервісу автотракторної техніки на підприємствах агропромислового виробництва Кіровоградської області. Визначено тенденції розвитку забезпеченості сільськогосподарського виробництва різноманітною автотракторною технікою. Розглянуто методику підвищення якості надання операцій технічного обслуговування та ремонту автотракторної техніки, поліпшення її технічного стану. Зазначено, що наявний стан, якість техніки, її продуктивність та оперативність не знаходиться на належному рівні, а отже потребує трансформації системи технічного сервісу.

Запропоновано перспективну організацію технічного сервісу на підприємствах різного рівня, в якій враховується попит та пропозиції на техніку, особливо закордонну. Зазначено, що фірмовий технічний сервіс проводиться заводом-виробником через центри сервісного обслуговування, головним з яких є торгівельно-накопичувальне координуюче підприємство в системі заводу виробника.

Показано, що схема технічного сервісу повинна базуватися на існуючій ремонтно-обслуговуючій базі, вказані основні напрямки, за яким здійснюється організація робіт.

Сформульовані основні положення модернізованого технічного сервісу, а також зазначено необхідність побудови повної структури управління системою технічного сервісу. Показано, що в сучасних умовах для підвищення ефективної системи технічного сервісу зростає роль і значення оперативного управління і інформаційного забезпечення, запропоновано в систему управління інженерною службою ввести інформаційний відділ, загальний для всього підприємства. З'ясовано основні етапи оперативного управління на підприємствах технічного сервісу.

технічний сервіс, технічне обслуговування і ремонт, інформаційне забезпечення, автотракторна техніка, система