

УДК 004.7

DOI: 10.31673/2786-8362.2025.022483

Галаган Н.В., к.т.н.; Харлай Л.О., к.т.н.;
Мелешко Т.В., к.т.н.; Сорокун А.Д., к.т.н.;
Демусь А.Я.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Halahan N.V., Kharlai L.O., Meleshko T.V., Sorokun A.D., Demus A.Ya. Application of situational management mechanisms to increase the efficiency of infocommunication networks. In recent years, developers have increasingly been solving the problems of designing complex control systems using telecommunications objects. Therefore, objects for which the task of creating new concepts arises when building control systems, that is, large systems, are of particular interest. Let us analyze the characteristic features of control systems and their models that arise when designing such systems.

The article presents a method for solving the problem of managing an infocommunication network object based on situational management. As is known, situational management originates from the hypothesis that all the necessary information about managing an object can be obtained by directly observing the operation of the object.

It is shown that to construct a situational control model, it is necessary to formulate the main problem that must be solved in the process of such construction. If the solution set $\{P(t)\}$ has cardinality 1, then the control problem will be solved. If it is possible to find such a partition of the set of situations P_i into l classes, in which all situations $\{S(t)\}$ will be assigned to a certain defined class K_l , to which some solution P_i uniquely corresponds. However, it may happen that in a particular situation $\{S(t)\}$ it is not possible to specify the single most useful solution P_i . There may be several such solutions.

This leads to the formulation of the problem not of dividing situations $\{S(t)\}$ into classes (when each specific situation belongs to exactly one class), but of defining the set of situations $\{S(t)\}$ by the set of classes K_l . A state is allowed in which some situations $\{S(t)\}$ simultaneously belong to several classes K_l . In this case, it is only required that each specific situation $\{S(t)\}$ belongs to at least one class K_l .

Keywords: control systems, situational control, infocommunication network, TMN, microdescription, microsituation, classifier, extrapolator

Галаган Н.В., Харлай Л.О., Мелешко Т.В., Сорокун А.Д., Демусь А.Я. Застосування механізмів ситуаційного управління для підвищення ефективності функціонування інфокомунікаційних мереж. Останніми роками розробники все частіше вирішують задачі проектування складних СУ об'єктами телекомунікацій. Тому об'єкти, для яких виникає задача створення нових концепцій при побудові СУ, тобто великих систем, представляють особливий інтерес. Проаналізуємо характерні риси СУ та їх моделей, які виникають при проектуванні таких систем.

У статті представлено метод вирішення задачі управління об'єктом інфокомунікаційної мережі на основі ситуаційного управління. Як відомо, ситуаційне управління бере початок з гіпотези про те, що всю необхідну інформацію про управління об'єктом можна отримати безпосередньо спостерігаючи за роботою об'єкта.

Показано, що для побудови моделі ситуаційного управління необхідно сформулювати основну задачу, яку необхідно розв'язати в процесі такої побудови. Якщо множина рішень $\{P(t)\}$ має потужність 1, то задача управління буде розв'язана. Якщо можна знайти таке розбиття множини ситуацій P_i на l класів, за якого всі ситуації $\{S(t)\}$ будуть віднесені до певного визначеного класу K_l , якому однозначно відповідає деяке рішення P_i . Проте може статися, що у конкретній ситуації $\{S(t)\}$ не можна вказати єдине найбільш корисне рішення P_i . Таких рішень може бути декілька. Це зумовлює постановку задачі не про розбиття ситуацій $\{S(t)\}$ на класи (коли кожна конкретна ситуація належить точно до одного класу), а про визначення множини ситуацій $\{S(t)\}$ сукупністю класів K_l . Допускається такий стан, за якого деякі ситуації $\{S(t)\}$ одночасно належать кільком класам K_l . При цьому вимагається тільки, щоб кожна конкретна ситуація $\{S(t)\}$ належала хоча б одному класу K_l .

Ключові слова: системи управління, ситуаційне управління, інфокомунікаційна мережа, TMN, мікроопис, мікроситуація, класифікатор, екстраполятор

Вступ

Принципи побудови моделі ситуаційного управління відповідають закладений Міжнародним союзом електрозв'язку концепції TMN – Telecommunication Management Network.

Сутність ситуатійного управління полягає у побудові алгоритму, який дає змогу на підставі описування ситуації $\{S(t)\}$ будувати систему узагальнених описів класів K_l . Надалі ситуації $\{S(t)\}$ і опис цих ситуацій вважати відповідно мікроситуаціями і мікроописами, а класи K_l та їх описи - макроситуаціями і макроописами [1].

Мікроописи. Виділимо низку елементів мови, які виконують визначену функціональну роль: слова, словосполучення і синтагми. Розглянемо важливу групу функціональних елементів мови – поняття. Нехай a_i – поняття, A – множина понять. Серед понять виділимо два типи: поняття-класи і абстрактні поняття. Перший тип пов'язаний з відображенням у мові відомостей про однорідні фізичні об'єкти зовнішнього позамовного світу. Ці відомості надходять у систему у вигляді деяких комплексів ознак. Наприклад, поняття-класів є слово «кінцевий абонент» - охоплює всі апарати, які ми схильні називати цим словом. У навколишньому світі не існує, кінцевого абоненту взагалі, а існують конкретні представники (програмне забезпечення) цього поняття-класу. Кожен з них сприймається у вигляді деяких значень ознак, наприклад, розмір і форма корпусу, колір, наявність антени тощо. У мові за деякими законами цим конкретним програмним забезпеченням відповідає слово «кінцевий абонент», яке є поняттям-класом [1].

На відміну від понять-класів - абстрактні поняття не мають безпосередніх відповідників у реальному світі. Ці поняття виникають у мовній системі за допомогою спеціальних механізмів. До абстрактних понять належать поняття, що передаються такими словами і словосполученнями, наприклад, колір, точка прямої тощо. Кількість різних понять у будь-якій природній мові потенційно нескінченна, оскільки завжди можна ввести ще одне поняття-клас або абстрактне поняття [2].

Другою важливою функціональною групою у мовній системі становлять імена або ідентифікатори. За допомогою імен здійснюється виділення (персоніфікація) окремих понять з понять-класів.

Третьою і самою цікавою групою є бінарні співвідношення R . Елементи, що входять до групи співвідношень позначаються через r_i і описують бінарні співвідношення, що встановлюються між парою понять або поняттям та ім'ям. Як приклади співвідношень можуть бути: частина - ціле, причина - наслідок, об'єкт - місце, об'єкт - дія, бути одночасно, перетинатися, служити для, тощо.

Аналіз останніх досліджень. В [1] розглянуто принципи побудови сучасних інфокомунікаційних мереж. Ці принципи є основними для дослідження систем управління сучасними інфокомунікаційними мережами. В [2] представлені методи динамічного управління інфокомунікаційними мережами при змінних апріорних даних. В [3-5] моделі управління інфокомунікаційними мережами на базі методів ситуатійного управління. В роботах [6-9] розглядаються принципи побудови систем управління на базі механізмів ситуатійного управління.

Постановка завдання. У даній статті запропоновано метод вирішення задачі управління об'єктом інфокомунікаційної мережі на основі ситуатійного управління. Показано, що для побудови моделі ситуатійного управління необхідно сформулювати основну задачу, яку необхідно розв'язати в процесі такої побудови.

Метою роботи є застосування механізмів ситуатійного управління на базі об'єктно-орієнтованого підходу для підвищення ефективності функціонування інфокомунікаційних мереж.

Виклад основного матеріалу дослідження

Важливо відзначити, що одне й те саме співвідношення можна виразити за допомогою багатьох слів, словосполучень, синтагм або граматичних засобів. Наприклад, у синтагмах: вимога надходить до комутатора; вимога наближається до комутатора; вимога передається до комутатора. Між поняттями-класами «вимога» і «комутатор» встановлюється те ж саме співвідношення, виражене, наприклад, словами «передаватися до» рис. 1.

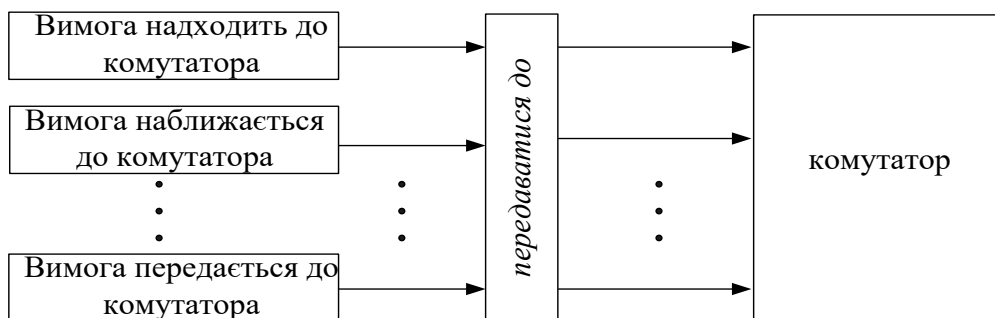


Рис. 1. Фрагмент універсальної множини співвідношень

Отже, співвідношення мають, по суті, позамовний характер, хоча й передаються з використанням певних (але жорстко не зафіксованих) мовних засобів. Слова, словосполучення чи синтагми, за допомогою яких виражається дане співвідношення, можна розглядати як множину імен. При цьому існує універсальна скінченна множина співвідношень, через елементи якої можна виразити всі співвідношення, наявні в мовній системі. Потужність цієї універсальної базової множини порівняно невелика, в неї входять близько 200 різних співвідношень [3].

Ще однією групою функціональних елементів мови є імперативи. Вони вказують на дію, яку потрібно здійснити. Прикладами імперативів можуть бути такі вирази: вимкнути автомат №5, провести тестування і та ін. Множину імперативів позначимо через P , а елементи цієї множини – через p_j . Замість терміну «імператив» надалі використовуватимемо термін «елементарне рішення». Кількість різних елементарних рішень, які можна виразити мовними засобами є нескінченна.

Розглянемо деякий гіпотетичний управляючий пристрій, який маємо спроектувати за умов відсутності моделі КО. В кожному потоковий момент часу на вхід СУ надходить деяка інформація, що описує поточкову ситуацію. Не розрізняючи типів вхідних впливів на СУ, позначимо цю сукупність впливів через $Q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_m)$. Припустимо, що апріорно задано деякі базові списки понять-класів, імен, співвідношень та елементарних рішень, які можна згідно з технологією об'єкта приймати в процесі управління. Тоді на першій стадії обробки інформації в наборі Q , здійснюється перехід від цього набору до мікроопису ситуації у вигляді певної структури, що відображає співвідношення, наявні в даний потоковий момент часу між поняттями, що входять в описувану ситуацію.

Наприклад, потрібно управляти передаванням вимог через комутатор. Задамо списки понять-класів, імен, співвідношень й елементарних рішень для цього конкретного випадку. Список базових понять-класів складатиметься з таких елементів: a_1 , – вимога, a_2 – ймовірнісний закон обслуговування вимоги, a_3 – допустима швидкість передавання, a_4 – набір комутаторів, a_5 – тип вимоги, a_6 – режим комутатора. Список базових імен містить множину типів вимог, цілих чисел від 1 до 5 та числа з інтервалом через п'ять одиниць від 0 до 140, літер A , B , C і D , слів «норма», «попередження», «пошкодження» й «аварія». Множина імен розбивається на підмножини імен для окремих понять-класів. Так, іменами для понять-класів «швидкість передавання інформації» можуть бути лише числа від 0 до 140 з інтервалом через п'ять одиниць, а іменами для понять-класів «набір комутаторів» – числа від 1 до 5. Список базових співвідношень, потрібних для управління об'єктом, такий: p – мати ім'я, r_1 – володіти, r_2 – бути одночасно, r_3 – знаходитись на. Список елементарних рішень складається з двох елементів: P_1 – включити режим «Аварія в напрямку передавання інформації AB », P_2 – включити режим «Норма в напрямку передавання інформації AB ».

Вважаємо, що на всіх КО встановлені датчики, за допомогою яких до СУ передається інформація про номер параметра КО, ім'я напрямку, а також інформація про вимоги та їх

тип. Інформація передається в інтервал часу між моментами $t-1$ і t . Працює також датчик самого комутатора, який фіксує один з двох можливих його поточних станів. Вся ця інформація, що надходить з датчиків, утворює набір Q .

Перехід від Q до мікроопису здійснюється внаслідок того, що вся інформація про ситуацію пов'язана з часом, набором комутаторів і напрямками. На відміну від Q , опис мікроситуації має бути сконструйованим з урахуванням співвідношення між поняттями та іменами. Нехай, наприклад, у деякий момент часу в межах керуючого комутатора складається така ситуація: у напрямку A до комутатора передається вимога з номером 06-45 зі швидкістю 40 кбіт/с, у напрямку B вимога з номером 06-33 зі швидкістю 70 кбіт/с, яка тільки що пройшла п'ятий набір комутаторів, а на першому наборі цього ж напрямку очікується проходження через комутатор вимоги з номером 07-12. У напрямку C вимог немає, а в напрямку D до комутатора зі швидкістю 100 кбіт/с на рівні п'ятого набору надходить вимога з номером 11-22. Режим «Норма комутатора» встановлений у напрямку CD .

Мікроситуація в межах комутатора набирає вигляду:

$$(((S_1 r_2 S_2) r_2 (S_3 r_2 S_4)) r_2 S_5) = S$$

Введемо співвідношення r , зміст якого можна передати словами «варто застосувати елементарне рішення». Тоді $(S r P_i)$ буде вказівкою щодо управління комутатором в описаній ситуації S .

Наведений приклад показує, що управління на основі мікроописів є неефективним. Адже для прийняття рішення про включення режиму «Норма комутатора в напрямку CD » немає потреби знати будь-що, крім інформації з пропозиції S_4 . Людина, яка управляє комутатором, так і вчинить. Для неї всі ситуації S , що можуть виникнути в межах комутатора, пов'язані з наявністю пріоритетної спеціальної вимоги, зливаються в одну макроситуацію – пріоритетна вимога. Навіть у разі відсутності в межах комутатора пріоритетних спеціальних вимог фахівець з управління передачею інформації навряд чи буде використовувати всю інформацію, що міститься в мікроописі.

З проведеного аналізу можемо зробити висновок, що для побудови алгоритму управління потрібно розробити спеціальні механізми узагальнення описів, що дають можливість класифікувати всі можливі мікроописи в макроописи, відповідні елементарним рішенням.

У ситуаційному управлінні використовуються три типи зазначених механізмів: вилучення імен, узагальнення за ознаками і за структурами. Найпростіше здійснюється процедура вилучення імен. З опису ситуації просто вилучаються імена, і вирази вигляду $(a r i)$ замінюються на a . Такий перехід дає можливість замість конкретних тверджень одержувати узагальнені описи, придатні для всіх об'єктів, що відносяться до одного поняття-класу.

Узагальнення за ознаками дає змогу утворювати поняття-класи і абстрактні поняття. Механізми цього типу добре відомі в розпізнаванні образів, де вони є основними. Суть їх полягає в побудові такої функції φ від ознак $(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$, яка оцінювала б ступінь належності даного фізичного поняття (набору значень ознак) до поняття-класу, що визначається. Унаслідок використання саме такого прийому дістаємо узагальнене поняття-клас «спеціальна вимога». Нехай, ознака π_1 набуває значення 1, якщо вимога є вимогою при аварійному режимі. У протилежному випадку $\pi_1 = 0$. Аналогічно $\pi_2 = 1$ і $\pi_3 = 1$, якщо дані вимоги є аварійними (якщо це не так, то $\pi_2 = \pi_3 = 0$). Нехай $\pi_4 = 1$, якщо вимога є особливо пріоритетною і пов'язаною з аварією обладнання, і $\pi_5 = 1$, якщо вимога позначена як особливо пріоритетна. Тоді можна визначити функцію φ як функцію алгебри логіки такого вигляду:

$$\varphi = \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_3 \vee \pi_4 \vee \pi_5$$

Якщо $\varphi = 1$, то даний об'єкт належить до поняття-класу «спеціальна вимога», в протилежному випадку – ні. Для понять-класів, що використовуються у звичайній мові,

часто неможливо побудувати функцію належності до поняття-класу, яка набувала б тільки два значення: належить і не належить. Такі поняття-класи і абстрактні поняття як «розумне рішення», «близький результат», «ряд вимог» не мають чітко окресленої межі. Це є прикладом математичного поняття розмиті множини. Що ж до функції φ , то вона для кожного конкретного набору π_i може набувати будь-яких значень $0 \leq \mu \leq 1$. При цьому, якщо $0 < \mu < 1$, вважають, що даний об'єкт належить до поняття-класу або абстрактного поняття зі ступенем імовірності μ .

Узагальнення за структурами найважливіше для ситуаційного управління. Введемо співвідношення: r_4 – бути позаду; r_5 – знаходиться в найближчих його межах. Проведемо аналіз ситуації, в якому використані ті ж означення, що й у розглянутому прикладі опису мікроситуації в комутаторі (лише замість повного опису номерів вимог введемо скорочені імена, які позначимо як i_j):

$$S_6 = (...(\alpha_1 \rho i_1) r_2 (\alpha_1 \rho i_2) r_2 ... r_2 (\alpha_1 \rho i_{10})).$$

Одночасно існує десять вимог з іменами $i_1 - i_{10}$. Для простоти запису застосуємо скорочене визначення λ_j для синтагми $(\alpha_1 \rho i_j)$:

$$S_7 = (...(\lambda_1 r_1 (a_2 \rho A)) r_2 (\lambda_2 r_1 (a_2 \rho A))) r_2 ... r_2 (\lambda_{10} r_1 (a_2 \rho A)),$$

Цей вираз стверджує, що всі десять вимог передаються в напрямку до комутатора. Далі

$$S_8 = (...(\lambda_1 r_4 \lambda_2) r_2 (\lambda_2 r_4 \lambda_3) r_2 ... r_2 (\lambda_9 r_4 \lambda_{10})).$$

Це означає, що вимога λ_1 надійде після вимоги λ_1, λ_2 – після λ_3 і т. д.:

$$S_9 = (...(\lambda_1 r_5 \lambda_2) r_2 (\lambda_2 r_4 \lambda_3) r_2 ... r_2 (\lambda_9 r_4 \lambda_{10})).$$

Отже, вимоги попарно надходять до комутатора одна за одною з урахуванням їх упорядкованості. Загальний опис ситуації має вигляд:

$$(((S_6 r_2 S_7) r_2 S_8) r_2 S_9).$$

Розглянута ситуація може бути віднесена до нового класу, який відповідає поняттю-класу «ряд вимог». Як і у випадку узагальнення за ознаками, поняття-класи, що отримані при узагальненні за структурою, носять характер розмитих множин.

Тепер дослідимо основний принцип побудови класифікатора, що є центральною моделлю в системі моделей ситуаційного управління. Побудова класифікатора відбувається на підставі навчання за допомогою фахівців, які мають досвід управління об'єктом, для якого ми шукаємо модель управління. Навчання організоване так. Складається спеціальна таблиця: в лівій половині перелічуються мікроописи, а в правій – ті елементарні рішення, які, на думку експертів, варто прийняти в цій ситуації [4].

Узагальнені описи різних рівнів формуємо за допомогою таблиці. З метою більшої наочності опису цього процесу розглядатимемо мікроописи у вигляді мультиграфів, вершини яких відповідають поняттям та іменам, а дуги – співвідношенням. На рис. 2 показано загальну структуру класифікатора. На нижньому рівні відображаються потокові ситуації, описані на мікрорівні. Заштриховані вершини відповідають поняттям, які є в описі даної конкретної ситуації. Вище йдуть рівні узагальнення. Між узагальненими поняттями теж встановлюються співвідношення, але на відміну від початкових співвідношень вони зважуються деякими нечіткими кванторами типу: майже для всіх, майже ні для кого, приблизно в половині випадків, часто, рідко, майже ніколи і т. ін. На рис. 2 ці квантори позначені як B_i . За допомогою символу A позначений квантор спільності («для всіх»).

При подачі на нижній рівень класифікатора конкретної ситуації на верхньому рівні може прийматися не обов'язково єдине рішення, тобто ситуації класифікуватись неоднозначно. Для подальшого вибору рішення використовуються інші блоки моделі ситуаційного управління.

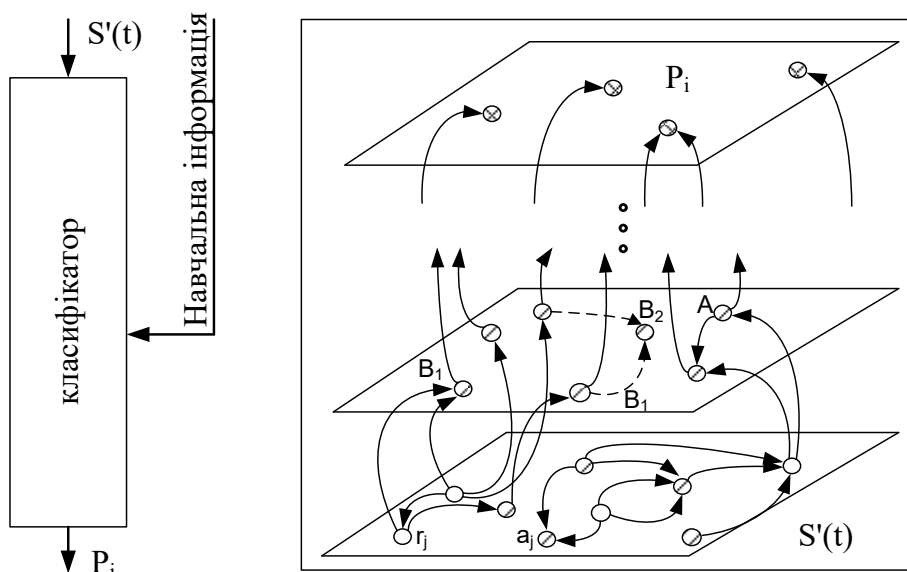


Рис. 2. Загальна структура класифікатора

На вхід моделі (рис. 3) надходить опис початкової ситуації, який вхідним блоком перетворюється в стандартне у вигляді мікроопису. Блок аналізатор звертається до класифікатора, або, якщо ситуація є для нього типовою, передає її до корелятора. Корелятор має набір правил вигляду, $\alpha \Rightarrow \beta$ значення яких полягає в тому, що за наявності в даній ситуації деякої підситуації α потрібно реалізувати деяку дію β . Відповідна дія при цьому може бути деяким рішенням, що необхідно видати з моделі, або вказівкою на проведення деяких дій всередині моделі.

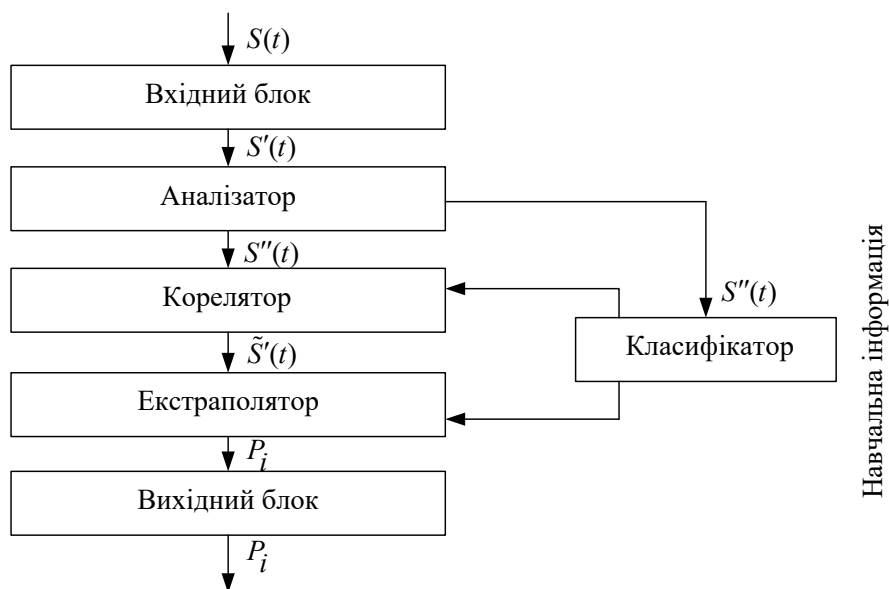


Рис. 3. Модель ситуаційного управління

У процесі навчання класифікатора з нього до корелятора надходять саме правила типу $\alpha \Rightarrow \beta$. Екстраполятор має моделювати результати прийняття обраного в кореляторі рішення на подальший розвиток процесу в об'єкті управління. Після відбирання потрібного рішення воно за допомогою вихідного блока перетворюється в деяку стандартну вихідну форму і передається на об'єкт управління. Якщо ситуація для аналізатора є нестандартною, то він передає її до класифікатора, який на підставі згенерованої в процесі навчання структури визначає множину рішень, що передаються до екстраполятора для вибору з них найкращого.

Висновки

Проаналізовано механізми ситуаційного управління. Представлено модель ситуаційного управління одним із основних блоків якої є класифікатор, який на підставі згенерованої в процесі навчання структури визначає множину рішень, що передаються до екстраполятора для вибору з них найкращого.

Список використаної літератури:

1. ITU-T Recommendation M.3108.1. ITU-T Study Group 4 (1997-2000) approved under the WTSC Resolution No. 1 procedure. 26th of March 1999.
2. ITU-T Recommendation M.3020 (1995), TMN interface specification methodology.
3. Network Environments, Managing Ray Hunt, John Vargo Encyclopedia of Information Systems, 2003 pp 279-301.
4. Komajwar S., Korkmaz T. Challenges and solutions to consistent data plane update in software defined networks. *Computer Communications*. 2018. Vol. 130. P. 50–59. URL: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2018.08.008>.
5. The optimization of computer equipment during the modernization of the unified system of centralized control and measurements of the SKS-7 network using the resources of the data processing center / L. Berkman et al. Information and communication technologies, electronic engineering. 2023. Vol. 3, no. 2. P. 88–94. URL: <https://doi.org/10.23939/ict2023.02.088>.
6. Devising a method for receiving a multidimensional signal using high-order phase difference modulation in next-generation mobile networks / N. Halahan et al. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025. Vol. 3, no. 9 (135). P. 19–32. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.331201>.
7. Klymash, M., Berkman, L., Otrokh, S., Pilinsky, V., Chumak, O., Hryshchenko, O. (2021). Increasing the multi-position signals noise immunity of mobile communication systems based on high-order phase modulation. Selected Papers of the XXI International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Security" (ITS 2021), 147–157.
8. Wideband Millimeter-Wave Propagation Measurements and Channel Models for Future Wireless Communication System Design / T. S. Rappaport et al. IEEE Transactions on Communications. 2015. Vol. 63, no. 9. P. 3029–3056. URL: <https://doi.org/10.1109/tcomm.2015.2434384>.
9. Geyer F., Scheffler A., Bondorf S. Network Calculus with Flow Prolongation – A Feedforward FIFO Analysis enabled by ML. IEEE Transactions on Computers. 2022. P. 1–14. URL: <https://doi.org/10.1109/tc.2022.3204225>.

Автори статті

Галаган Наталія – кандидат технічних наук, доцент, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

ORCID: 0000-0001-8582-3126

Харлай Людмила – кандидат технічних наук, Київський фаховий коледжу зв'язку, Київ, Україна.

ORCID: 0000-0002-7633-933X

Мелешко Тетяна – кандидат технічних наук, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

ORCID: 0000-0003-0080-5194

Сорокун Антон – кандидат технічних наук, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

ORCID: 0000-0001-8469-641X

Демусь Альона – магістр, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

ORCID: 0009-0007-4760-6375

Authors of the article

Halahan Nataliia – Candidate of Sciences (technical), Associate Professor, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0001-8582-3126

Kharlai Liudmila – Candidate of Sciences (technical), Kyiv Applied College of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0002-7633-933X

Meleshko Tatiana – Candidate of Sciences (technical), State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0003-0080-5194

Sorokun Anton – Candidate of Sciences (technical), State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0001-8469-641X

Demus Alona – master, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0009-0007-4760-6375