

УДК 621.327.8

Серих С. О., Ільїн О. О., Гайдур Г. І. Державний університет телекомунікацій, м.Київ

ОПЕРАТОРНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ АНАЛІЗУ ТА УПРАВЛІННЯ СЛАБОСТРУКТУРОВАНОЮ СИТУАЦІЄЮ В СОЦІАЛЬНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

На основі дослідження імовірних подій процесу аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією в соціально-технічних системах представлено алгоритм дій по удосконаленню управління процесом та розроблено його операторну модель. Операторна модель процесу надала можливість детально дослідити процес управління слабоструктурованою ситуацією, оцінити ступінь керуваності процесом і вплив змінних параметрів на кінцевий результат.

Ключові слова: когнітивна карта, слабоструктурована ситуація, операторна модель, соціально-технічна система

Serykh S. O., Ilin O. O., Haidur H. I. State University of Telecommunications, Kyiv

OPERATOR MODEL OF THE ANALYSIS PROCESS AND MANAGEMENT BY SLOW STRUCTURED SITUATION IN SOCIO-TECHNICAL SYSTEMS

Based on the study of probable events of the analysis process and the management of a weakly structured situation in social and technical systems, the algorithm of the activity for analysis processing and process management is presented. This became possible thanks to the development and presentation of a variant of the most cognitive map of the process of managing the weakly structured situation, its adaptation to the conditions of variability and assessment of the probability of their appearance. Investigation of the algorithm of action to improve the analysis and management of the process in weakly structured situations required to develop an operator model of this process. Using the model of the analysis and management of the weakly structured situation in social and technical systems allowed to summarize the results and adapt it to the variable input parameters. As a consequence, the influence of the components of the card and the model in support of decision-making was determined to improve the efficiency of management of such systems. The operator model of the process provided an opportunity to study in detail the process of analysis and management of a weakly structured situation in social and technical systems, to assess the degree of process control and the effect of variable parameters on the final result.

Key words: cognitive map, poorly structured situation, operator model, social and technical system

Серых С.А., Ильин О.А., Гайдур Г.И. Государственный университет телекоммуникаций, Киев

ОПЕРАТОРНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННОЙ СИТУАЦИЕЙ В СОЦИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

На основе исследования вероятных событий процесса анализа и управления слабоструктурированной ситуацией в социально технических системах представлен алгоритм действий по усовершенствованию управления процессом и разработана его операторная модель. Операторная модель процесса предоставила возможность детально исследовать процесс управления слабоструктурированной ситуацией, оценить степень управляемости процессом и влияние переменных параметров на конечный результат.

Ключевые слова: когнитивная карта, слабоструктурированная ситуация, операторная модель, социально техническая система

1. Вступ. Постановка задачі. Зростаюча складність проблем, що виникають у різних галузях діяльності людини, організацій, підприємств, обумовила появу різноманітних підходів та методів, за якими створювались сучасні технології аналізу та управління ситуаціями для їх розв'язання. У різних сферах практичної діяльності такі технології разом з теоретичними основами дістали різні назви.

Так, у виробничому, адміністративному, політичному управлінні – це «менеджмент», «системний та ситуаційний аналіз», «стратегічне планування», у військових та економічних питаннях – «методи дослідження операцій», «методи математичного моделювання та передбачення»; в наукових дослідженнях – «методи статистичного, імітаційного та системного моделювання», «методологія та планування експерименту»; в інженерно-конструкторській справі – «методи проектування», «методи інженерної творчості», «системотехніка». Прогнозування, аналіз та управління ситуацією значно залежить від можливості їх структуризації.

Добре структурованими вважаються проблеми, в яких залежності між елементами ситуації можуть отримувати кількісні оцінки. При вирішенні таких проблем використовують методи кількісного аналізу: лінійного, нелінійного, динамічного програмування, теорії масового обслуговування, теорії ігор, методологія яких відома як "дослідження операцій".

Слабоструктурованими є проблеми, як правило, складні, що відрізняються, в першу чергу, якісними залежностями між елементами ситуації. При цьому самі елементи можуть бути як якісними, так і кількісними. Це область застосування системного аналізу. У рішенні подібних проблем застосовується поєднання кількісних і евристичних методів.

Неструктуровані проблеми містять лише опис найважливіших ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими абсолютно невідомі. Рішення проблем неструктурованих проводиться з використанням евристичних методів, заснованих на інтуїції, логіці, теоретичних міркуваннях, досвіді, професіоналізмі особи (експерта) або колегіального органу суб'єкта управління.

У соціально-технічних системах ситуації більш позиціонуються як слабо структуровані. Тому під час прийняття рішень в ситуаціях з аналізом слабоструктурованих даних у експерта виникає необхідність використання моделі проблемної області, за допомогою якої він намагається пояснити процеси, що відбуваються в реальності. При цьому об'єктивні закономірності реального середовища представляються суб'єктивними оцінками. В результаті образ ситуації відбиває не тільки закони й закономірності ситуації, але й світогляд суб'єкта, його систему переконань, цінностей, рівень утворення, досвід і т.і.

Зазвичай використовується модель на основі когнітивної карти, що представляє відомі суб'єктові основні оцінки ситуації у вигляді орієнтованого знакового графа. Дослідження когнітивних карт з оцінкою можливих ситуацій, моделювання сценаріїв розвитку є актуальним напрямком розвитку соціально-технічних систем, управління ними на основі прийняття вірних проміжних і кінцевих рішень – важливим завданням сучасності.

Когнітивні підходи у системах підтримки прийняття рішень (ППР) орієнтовані на те, щоб активізувати інтелектуальні процеси суб'єкта й допомогти йому зафіксувати своє бачення проблемної ситуації у вигляді формальної моделі.

Мета роботи: На основі дослідження імовірних подій процесу аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією в соціально-технічних системах з використанням когнітивних карт розробити операторну модель цього процесу та визначити вплив її складових на ППР для підвищення ефективності управління такими системами.

2. Методи когнітивного аналізу. Розвитку формалізованого апарату когнітивного моделювання в літературі приділено значної уваги. В роботі [1] розглянуто використання імпульсних процесів для моделювання соціально-технічних і соціально-економічних систем, в [2] було розроблено методи когнітивного аналізу проблемної області і розв'язання нечітких цільових задач стратегічного управління. В [3] запропоновано використання когнітивного моделювання для проєкційного навчання нейронних мереж, в [4] розроблено підхід до аналізу слабоформалізованих предметних областей на підставі теорії структур.

Традиційні когнітивні карти [5] представляють систему у вигляді множини концептів, які зв'язані між собою відношеннями двох типів – впливу і причинно-наслідкові. Під концептами мається на увазі структурні елементи системи (об'єкти, параметри, цілі, фактори). Відношення, якщо вони задаються кількісно, характеризують відповідний вплив концептів один на іншого.

Він може мати позитивний або негативний знак чи бути нейтральним. У системах ППР (СППР) когнітивні карти [4, 5] частіше використовуються для оцінки впливу концептів один на іншого, а також для аналізу та прогнозу розвитку ситуацій. На практиці зазвичай виникає необхідність у знаходженні таких стратегій (початкових), які б допомагали досягти заданих стратегічних цілей. Для цього у когнітивній моделі знаходяться вихідні концепти, вплив на які з боку інших концептів (управлінських) допоможе досягнути необхідного стану концептів цільових. При цьому акцент робиться на основі прогнозу ситуації по когнітивній карті, хоча можливості таких моделей для використання в області підтримки прийняття стратегічних рішень – обмежені, а самі моделі далекі від оптимальності.

В когнітивному моделюванні задачі ППР розв'язуються шляхом розроблення певного сценарію, який переводить ситуацію з поточного стану до цільового стану, в умовах, коли можуть виникати невизначеності. Сценарій розробляється на основі моделі, яка в слабоструктурованих ситуаціях визначається у вигляді навантаженого орієнтованого графу, який містить суб'єктивні оцінки концептів ситуації, і модель її функціональної структури, яка формалізує відомі суб'єкту взаємні зв'язки між концептами (закони і закономірності), ситуації, яка досліджується. Завдяки цьому під час когнітивного моделювання в контур прийняття рішення включена пізнавальна система оптимального прийняття рішення (ОПР). При цьому когнітивне моделювання це тільки один з трьох етапів загального процесу аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією. Крім аналізу когнітивних карт до процесу входять структуризація ситуації та виявлення та представлення знань експерта про ситуацію.

Зазначимо, що структуризація ситуації передбачає таку послідовність дій:

1. Визначення, уточнення проблеми, яка підлягає когнітивному моделюванню.
2. Побудова моделі ситуації на підставі експертного аналізу слабоструктурованої ситуації, виявлення множини базових факторів, визначення їх зв'язків.
3. Кластеризація множини базових факторів за ознакою належності до цільових та управляючих концептів.

Експертний погляд на ситуацію формується як визначення вихідного стану моделі. Для цього фактори оцінюються на початок моделювання. Аналіз когнітивних карт складається з послідовності дій:

1. Моделювання шляхом дослідження саморозвитку ситуації (вирішення прямого завдання аналізу ситуації), тобто яким чином розвивається ситуація без управлінських впливів). Якщо кінцевий стан моделі відповідає меті, то управлінських впливів не потрібно. Якщо стан не задовольняє мету, то необхідні управлінські впливи (вирішення зворотного завдання аналізу ситуації).

2. Складання варіанту управлінських дій (вектор управлінських дій), за допомогою якого моделюється бажаний розвиток ситуації.

Загальний процес аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією завершується обґрунтуванням можливих сценаріїв розвитку та розробкою рекомендацій.

Метою структуризації проблемної ситуації є формування множини найбільш важливих факторів. Для здійснення цього доцільно використовувати структурні методи когнітивного аналізу ситуації [1] і діяти покровоко:

Перший крок – виділення потоків. Процеси в системі характеризуються матеріальними та інформаційними потоками. Рух кожного потоку формалізується відповідними причинно-наслідковими відношеннями (визначення початку та закінчення), які відображають знання на відповідні закономірності в процесі та у ситуації в цілому і форму їх представлення – аналітичні вирази або припущення з подальшим зазначенням ймовірності набуття.

Другий крок – створення сукупності факторів, в термінах яких формалізуються процеси в системі. Кожний фактор «народжується» із формалізації відповідних потоків.

Третій крок – визначення зв'язків між факторами. Для цього необхідно розглянути причинно-наслідкові ланцюжки відповідних потоків. При цьому вплив може бути підсилюючим (збільшення ваги фактору-причини призводить до збільшення ваги фактора-

змінити поточний стан ситуації для досягнення цільового стану. І завдання полягає у визначенні множини векторів впливів. Вектор впливу складається з множини величин змін факторів, яким відведена роль управляючих. Управляючі фактори, як зазначалось, можуть бути додатково додані до структури ситуації, якщо в цьому є потреба. Результатом розв'язання такої зворотної задачі є множина запропонованих варіантів альтернативних рішень. Краще рішення обирається за певним критерієм, або множиною критеріїв (багатокритеріальний вибір). Для вибору рішення можна використати відомі методи вибору [7]. Описана процедура когнітивного моделювання може бути розвинута за рахунок урахування змін у часі факторів, управлінських дій.

Когнітивна карта у вигляді знакового графу дозволяє побудувати спрощену модель функціональної структури ситуації. Вона відображає відомі суб'єкту управління факти, закони та закономірності проблемної області. Процес побудови моделі функціональної структури ситуації під час когнітивного моделювання є ітераційним процесом генерації і перевірки гіпотез про функціональну структуру, аж доки не буде отримана така конфігурація, яка здатна пояснити динаміку розвитку ситуації.

Такий процес можна представити у вигляді алгоритму дій, що представлений на рис. 2.

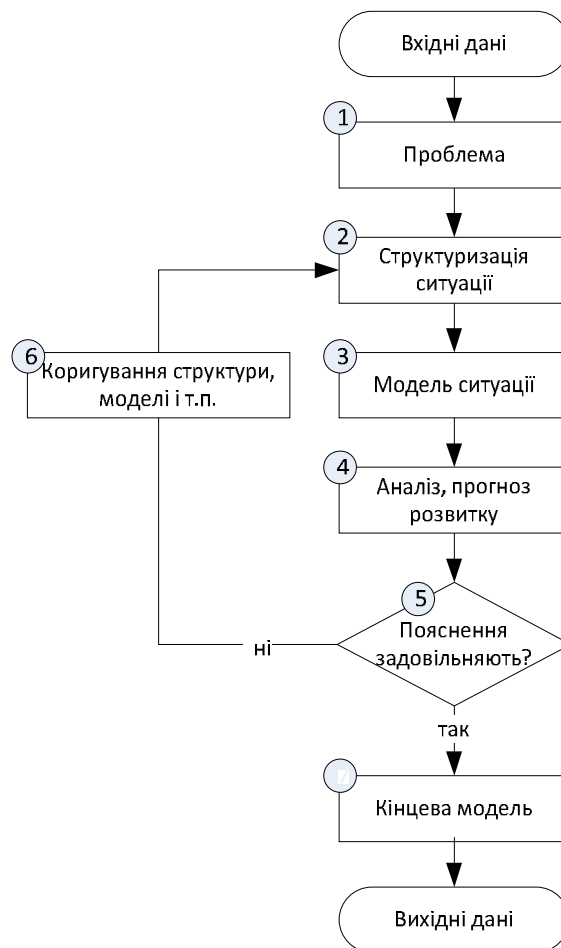


Рис. 2. Етапи ітераційної розробки когнітивної моделі

Процедура починається із визначення предметної області, структуризації ситуації, визначення факторів впливу та їх характеру, побудові моделі ситуації. Під час аналізу та перевірки гіпотези про функціональну структуру відбувається якісне прогнозування розвитку ситуації, пояснення цього прогнозу на основі даних, що маютьсся, здорового глузду, тощо. На кінцевому етапі маємо готову модель, яка дозволяє отримати необхідний результат за рахунок визначених управлінських впливів.

Моделювання ситуації дозволяє виявити розбіжності між прогнозом розвитку ситуації, який було отримано за допомогою моделі, та реальним розвитком подій. Розбіжності

свідчать про помилкові уявлення аналітика-експерта про структуру та закономірності розвитку ситуації, які було закладено їм до моделі. У методологіях когнітивного аналізу етап побудови якісної моделі не передбачається на перших етапах. Це дозволяє виявити велику кількість розбіжностей та ступінь адекватності уявлень суб'єкта про функціональну структуру ситуації, що досліджується. Подальший ітераційний процес уточнення спрощеної моделі повторюється доти, поки не буде отримана максимально достовірна модель.

Під час когнітивного моделювання велике практичне значення мають змістовні інтерпретації результатів моделювання і стратегій управління ситуацією, які лежать в межах понять досліджуваної проблеми. Такі інтерпретації отримуються особою, яка приймає рішення, за допомогою особистих уявлень, інтуїції, тощо. В системі когнітивного моделювання особа, що приймає рішення, є центральним елементом комп'ютеризованої інформаційної технології, що автоматизує процес когнітивного моделювання, та фактично являє собою СППР. ОПР визначає на підставі особистих або колегіально узгоджених з експертами: модель функціональної структури ситуації, силу впливу факторів, інтерпретацію прогнозів розвитку ситуації тощо. Базовими інструментами виступають: логіка, база власних знань, досвід, інтуїція тощо. Таким чином, основним принципом побудови СППР виступає суб'єктивна орієнтованість алгоритмів визначення прогнозів та рекомендацій щодо управління ситуацією, інтерфейсів взаємодії з експертами щодо визначення ними шкал переваги для встановлення сил впливу факторів ситуації, інтерфейсів пояснення та інтерпретації результатів моделювання на природній мові (текстовій або візуальній).

Але, поряд із цим апарат когнітивного моделювання не враховує принципу рефлексії, має слабку ступень адаптації до змін, є складним для експертів різного рангу, рівня набутого опиту і знань. Крім того на технічному рівні доцільно було б застосовувати для їх проектування і проектування моделей процес автоматизації. Це і є головним недоліком застосування когнітивних карт, бо один і той же процес може бути представлений декількома картами, а їх синтез, аналіз та оптимізація займає значну тривалість часу і не гарантує отримання оптимального рішення.

Потрібна така модель, яка дозволить удосконалити процес аналізу, порівняння, оптимізації за спрощеною методикою і буде мати зручну форму представлення, що дозволить заощадити час на прийнятті рішення, як головної складової процесу аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією в соціально-технічних системах.

Дослідження алгоритму дій (рис. 2) показує, що усі визначені процедури можна поділити на операції, класифікувати їх, визначити сукупність дій, а виконання покласти на оператори, технічна реалізація яких можлива при описі їх програмною чи математичною мовами.

Тому для побудови алгоритму, що моделює процес аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією в соціально-технічних системах у реальних умовах, доцільно [6] застосовувати математичний апарат операторів:

- In, Out** – оператори вводу виводу вхідних даних з блоку моніторингу ситуації і передача оптимальної моделі до блоку прийняття управлінських рішень відповідно;
- A₁** – аналіза предметної області;
- A₂** – визначення цілей при розв'язанні слабоструктурованої ситуації;
- A₃** – визначення методів досягнення цілей;
- A₄** – визначення об'єктів – учасників ситуації і протиріч між ними;
- A₅** – аналіза взаємозв'язків між об'єктами ситуації;
- F₁** – формалізації проаналізованих вхідних даних;
- P₁** – перевірки діапазону змінності параметрів ситуації;
- St₁** – структуризація визначених даних;
- D₁** – декомпозиції учасників ситуації (об'єктів), закріплення їх за класами;
- D₂** – декомпозиції взаємозв'язків об'єктів визначення їх знаку, ваги, лінгвістичного значення;
- A₆** – аналіза класів і учасників ситуації;
- A₇** – аналіз впливовості зв'язків між об'єктами;

- P_2 – перевірки адекватності структури експертом;
 Sm – синтезу моделі ситуації;
 S_1 – синтезу організаційної структури;
 S_2 – синтезу функціональної структури;
 K_1 – оптимізації ситуаційної моделі;
 P_3 – оцінки ймовірності розвитку реальної ситуації за моделлю, що досліджується;
 A_8 – аналіза розвитку ситуації у часі;
 P_4 – прогнозу (prediction) розвитку ситуації і впливу на прийняття рішення;
 V_1 – оцінки (valuation) відповідності прогнозу розвитку ситуації, пояснення задовольняють експерта;
 C_1 – коригування структури і моделі ситуації;
 P_5 – перевірки оцінки – «як задовольняє?»;
 Sh_1 – визначення форми представлення моделі її формалізація (shaping);
 E_1 – отримання значень вихідних концептів і передача оптимальної моделі до блоку прийняття управлінських рішень.

Визначення і класифікація операторів дозволяє побудувати модель U_1 – процесу аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією в соціально-технічних системах, яка має наступний вигляд:

$$U_1 = In_1 A_1 A_2 A_3 A_4 \downarrow_1 F_1 A_4 A_5 In_2 P_1 \downarrow_2 St_1 D_1 D_2 A_6 A_7 P_2 \downarrow_3 Sm S_1 S_2 K_1 P_3 \uparrow^3 \downarrow_4 A_8 P_4 \downarrow_5 V_1 \omega \downarrow_6 C_1 \uparrow^2 \downarrow_7 P_5 \downarrow_7 Sh_1 D_1 E_1 Out.$$

Наведена модель дозволяє не тільки відстежити алгоритм дій процесу, а і вводити діапазон змін вхідних даних, оптимізувати їх для отримання значень вихідних даних, прогнозувати, аналізувати із застосуванням процесу автоматизації. Удосконалення операторної моделі чи її адаптація до змінності вимог, змінності процесів не потребує особливих перетворень. Достатніми стають лише зміна (заміна) оператора, розподіл функцій одного оператора між декількох, визначення або перестановка місця оператора в послідовності виконання процесу.

Слід зауважити, що сама модель не може замінити когнітивну карту. Але разом з цим дозволяє простіше її дослідити і адаптувати під завдання.

4. Висновки. Основними перевагами обраного математичного апарату для удосконалення роботи із когнітивними картами методом операторного моделювання є максимальне наближення отриманих результатів до статистичних даних експериментальних випробувань окремих процесів аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією. Це підтверджують результати дослідження [6] прогнозованих процесів, які відбуваються в телекомунікаційних мережах. Запропонована операторна модель процесу аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією в соціально-технічних системах уніфікована і не залежить від виробника обладнання, функціонального призначення, тому її слід вважати додатково такою, що легко адаптується до особливостей процесів за різним призначенням, змінним вимогам та вхідним даним. Запропонована модель надає:

- можливість детально дослідити процес аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією в соціально-технічних системах, оцінити ступень керованості процесом і вплив змінних параметрів на кінцевий результат;
- економію у витраті робочого часу експертів по дослідженню ефективності когнітивної карти її оптимізації за необхідністю.

Таким чином, проведені за допомогою розробленої моделі дослідження, показали її необхідність і працездатність.

Напрямки подальших досліджень. Запропонована модель є тільки складовою частиною і основою для розробки методики прогнозування процесу аналізу та управління слабоструктурованою ситуацією в соціально-технічних системах з метою визначення вимог до автоматизованих систем управління, підвищення ефективності управління та забезпечення надання вірних рішень на основі раціонального прогнозування.

Список використаної літератури

1. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экономическим задачам / Ф. С. Робертс. – Москва : Наука, 1986. – 496 с.
2. Силов В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В. Б. Силов. – Москва : ИНПРО-РЕС, 1994. – 228 с.
3. Kosko B. Fuzzy thinking: The new science of Fuzzy Logic / B. Kosko. – New York : Hyperion, 1993.
4. Кулинич А. А. Система когнитивного моделирования Канва / А. А. Кулинич // Международная научная конференция «КИИ-2002», Коломна, Россия. – 2002. – С. 632-641.
5. Борисов В. В. Компьютерная поддержка сложных организационно-технических систем / В. В. Борисов, А. И. Бычков, А. В. Деметьев, А. П. Соловьев, А. С. Федулов. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2002. – 154 с.
6. Serykh S. Influence of the network operator model on indicators of its reliability / S. Serykh, O. Ilin, Y. Pryliepov, O. Zinchenko // ISPC World Science Journal. – 2017. – Vol. 2, №3. – P. 19-24.
7. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – Москва : Радио и связь, 1996. – 320 с.

References

1. Roberts F. S. "Discrete mathematical models with appendixes to the social, biological and economic tasks". *Moskva, Nauka* (1986): 496.
2. Silov V. B. "Acceptance of strategic decisions in an unclear situation". *Moskva, INPRO-RES* (1994): 228.
3. Kosko B. "Fuzzy thinking: The new science of Fuzzy Logic". New York, Hyperion (1993).
4. Kulinich A. A. "The system of Kanva cognitive modelling". *The International science conference (KII-2002, Kolomna, Russia* (4-12 October 2002): 632-641.
5. Borisov V. V., Bychkov A. I., Demment'ev A. V., Solov'ev A. P., Fedulov A. S. "Computer support of the complex organizationally-technical systems". *Moskva, Goriachaia liniia-Telekom* (2002): 154.
6. Sierykh S., Ilin O., Pryliepov Y., Zinchenko O. "Influence of the network operator model on indicators of its reliability". *ISPC World Science Journal* 2(3) (2017): 19-24.
7. Saati T. L. "Making a decision. Method of analysis of hierarchies". *Moskva, Radio i zviaz'* (1996): 320.

Автори статті

Серих Сергій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Державний університет телекомунікацій, м. Київ. Тел.: +380 (44) 249 25 04. E-mail: ssaanna888@gmail.com.

Ільїн Олег Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Державний університет телекомунікацій, м. Київ. Тел.: +380 (44) 249 25 04. E-mail: olegka.ua@gmail.com.

Гайдур Галина Іванівна – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки, Державний університет телекомунікацій, м. Київ. Тел.: +380 (44) 249 25 04. E-mail: gaydurg@gmail.com

Authors of the article

Sierykh Serhii Oleksandrovych – candidate of sciences (technical), associate professor of computer science department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel.: +380 (44) 249 2504. E-mail: ssaanna888@gmail.com.

Ilin Oleh Oleksandrovych – candidate of sciences (technical), associate professor of computer science department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel.: +380 (44) 249 25 04. E-mail: olegka.ua@gmail.com.

Haidur Halyna Ivanivna – candidate of sciences (technical), associate professor, professor of Information and cyber security department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel.: +380 (44) 249 25 04. E-mail: gaydurg@gmail.com.

Дата надходження
в редакцію: 13.07.2017 р.

Рецензент:
доктор технічних наук, професор В.В. Вишнівський
Державний університет телекомунікацій, м. Київ,