

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОГЕННОЮ БЕЗПЕКОЮ ПРИ ЇХ АДАПТАЦІЇ

***Анотація.** У статті представлений аналіз можливостей щодо забезпечення життєздатності інформаційних технологій управління техногенною безпекою при їх адаптації до умов реального часу. Наведена спрощена модель такої життєздатної системи. Розглянута можливість застосування методу Дж. Зойтендейка до створення алгоритмів адаптації інформаційних технологій управління. Зроблені висновки з окресленням подальших напрямів дослідження означеної теми.*

***Ключові слова:** життєздатна система, апроксимація, фактор, підхід, обмеження.*

***Аннотация.** В статье представлен анализ возможностей в отношении обеспечения жизнеспособности информационных технологий управления техногенной безопасностью при их адаптации к условиям реального времени. Представлена упрощенная модель такой жизнеспособной системы. Рассмотрена возможность применения метода Дж. Зойтендейка для создания алгоритмов адаптации информационных технологий управления. Сделаны выводы с представлением дальнейших направлений исследования данной темы.*

***Ключевые слова:** жизнеспособная система, аппроксимация, фактор, подход, ограничение.*

***Abstract.** The analysis of opportunities for maintenance VSM for information technologies is submitted in the article. It is necessary for adaptation at change of conditions of real time. The VSM-model of such viable system is submitted. The opportunity of application of a method G. Zoutendijk for creation of algorithms of adaptation of information technologies of management technogenic by safety is considered.*

The conclusions with the indication of the further directions of research are made.

***Keywords:** VSM, approximation, factor, approach, restriction.*

Вступ

Проведення військових заходів у Луганській і Донецькій областях у 2014 році показало обмеженість існуючих алгоритмів рятувальних дій служб цивільного захисту та систем підтримки прийняття рішень (СППР) із забезпечення порятунку населення в умовах техногенних катастроф. Проблема полягає в тому, що традиційно при виникненні будь-якої аварії чи катастрофи, за допомогою засобів обчислювальної техніки лише вирішуються оптимізаційні задачі визначення необхідних транспортних засобів, прокладання оптимальних маршрутів руху спецтранспорту до місця виникнення аварії, визначення необхідної кількості ресурсів, будуються графіки використання транспортних засобів, у разі масштабних аварій розробляються прогнози розповсюдження небезпеки, розраховуються економічні збитки та ін. При цьому головна увага приділяється дослідженню впливу людського чинника на виникнення надзвичайної ситуації чи аварії. Всі ці задачі розглядаються в межах якогось визначеного відрізка часу із встановленими умовами обмежень ресурсів та заданими параметрами розвитку ситуацій.

Події останніх місяців на Сході України показали вади такого підходу для реалізації задач порятунку населення в умовах виникнення техногенних катастроф. Україна має величезний комплекс підприємств, які пов'язані з виробництвом, переробкою та зберіганням сильнодіючих отруйних, вибухонебезпечних і вогненебезпечних речовин. Луганська і

Донецька області являють собою зони з надзвичайно високим ступенем ризику техногенної небезпеки, бо кількість небезпечних підприємств на цих територіях перевищувала загальну кількість потенційно небезпечних та небезпечних об'єктів ряду розвинутих європейських країн. Проте у підсумку невтішні новини, пов'язані з результатами проведення військових операцій. Так, Лисичанський нафтопереробний завод горів два дні після обстрілу з важкої артилерії, бо заводська пожежна частина була розграбована, а міські рятувальні команди хоч і прибули на місце катастрофи, не мали відповідної інформації та точного плану дій щодо роботи в умовах, що склалися. Така ж негативна інформація по Донецькому казенному хімічному заводу: постійні потрапляння снарядів та мін на територію заводу викликають вибухи та пожежі на складах небезпечних речовин, в Інтернеті та у пресі виникає інформація щодо загрози для розташованого поряд із заводом могильника радіаційних відходів, а обмеженість інформації та подія, що непередбачена жодними планами щодо ліквідації надзвичайних ситуацій, примушують рятувальників ліквідувати лише окремі осередки небезпеки.

Метою статті є аналіз можливостей щодо забезпечення життєздатності інформаційних технологій управління техногенною безпекою при їх адаптації до умов реального часу, що склався на момент застосування цих технологій.

Для реалізації поставленої мети вирішуються наступні завдання:

– обґрунтовується використання терміну «життєздатність» та його відміна від «живучості», як функції розвитку інформаційної технології у часі в залежності від змін ситуації та базових факторів, що визначають цю ситуацію;

– пропонується застосування підходу кусочно-поліноміальної апроксимації однозначних функцій з використанням методу можливих напрямів Дж. Зойтендейка з метою опису більш складних об'єктів менш складними для отримання загальної картини надзвичайної ситуації та застосування алгоритмів СППР, розроблених для інших, менш складних задач.

Слід зазначити, що питання живучості в інформаційних технологіях та складних інформаційно-обчислювальних системах досліджували Глушков В.М., Руденко Б.Н., Теслер Г.С., Черкесов Г.Н., життєздатності систем – Бір Ст., а питанням моделювання за допомогою апроксимації функцій поліномами активно досліджувалися Василенко В.О., Дзядиком В.К., Поповим Б.О., Люком Ю. та іншими українськими і зарубіжними вченими.

Проте сформульовані у цій роботі задачі розглядаються вперше.

1. Проблематика дослідження

Термін «живучість» є широко відомим і застосовуваним розробниками обчислювальної техніки та інформаційних технологій ще з 60-х років минулого століття. У 80-і роки живучість технічних систем стала самостійною наукою з розвинутим понятійним апаратом. Так, у обчислювальних системах під терміном «живучість» розуміли відсутність втрат будь-якої задачі (функції) через відмову елементів [1]. З вдосконаленням засобів обчислення виникла необхідність забезпечення живучості програм та алгоритмів, у зв'язку з чим було запропоноване поняття гарантоздатності, як здатність системи або технології функціонувати правильно, достовірно і стабільно без огляду на існуючі зовнішні та внутрішні збурення [2]. Як один з елементів цього терміну, туди увійшло і поняття живучості. При цьому зазначається, що, наприклад, сучасна інформаційна система повинна мати властивості захисту і життєздатності, а це може забезпечити лише реалізація біологозоологічного підходу з представленням цієї системи, як кібернетичної [2].

Першу модель життєздатної системи, засновану на біологозоологічному підході запропонував в 70-і роки ХХ ст. англійський кібернетик Стаффорд Бір [3]. Теоретико-методологічні основи моделей Ст. Біра в подальшому були розвинуті його учнями відповідно до специфіки тих галузей, де вони працювали. Проте математичний апарат цих моделей і досі залишається мало розвинутим, хоча всі процеси, фактори впливу та

трансформація інформації від входу до виходу з системи були описані Ст. Біром дуже ретельно. Сам Ст. Бір в деяких своїх роботах [3, 4] зазначав, що його труди призначені для практичного виконавця, тож не потребують над ускладнень та надмірного математичного апарату, що може стати на заваді у практичному застосуванні.

Проте будь-яку проблему, особливо пов'язану з побудовою життєздатної інформаційної технології, не можна вирішити без математичного означення та представлення у вигляді конкретних математичних моделей. Основи такого підходу закладені в багатьох роботах академіка В.М. Глушкова, зокрема, неодноразово підкреслюється, що основою програмування є математичне забезпечення [5] і до цього незмінно веде математизація знань [6].

Сучасні доробки вчених не оминають питань живучості інформаційних систем та інформаційних технологій. Велика увага приділяється пошуку стійких до перешкод (робастних) алгоритмів. Проте здебільшого ці дослідження живучості зводяться до вирішення детермінованих мережевих та комбінаторно-графових задач, де вивчаються різноманітні зв'язки без аналізу розвитку у часі [7], що, у підсумку, ускладнює породження необхідних алгоритмів для конкретного застосування та створення нових інформаційних технологій для СППР.

У цьому ракурсі є важливим застосування апроксимації при вирішенні наукових та прикладних задач. Розвиток обчислювальної техніки дає можливість використання різноманітних методів апроксимації функцій, у тому числі тих, що у своїй основі мають складні багатокрокові обчислення, які здатні адаптуватися до внутрішніх і зовнішніх умов застосування. Потреба у алгоритмах, які утримують у собі такі методи, постійно збільшується. Проте алгоритмічний базис, що застосовується у більшості сучасних алгоритмів, утворений множиною конкуруючих алгоритмів. Це призводить до мінливості, нестійкості програм, що абстрагує розуміння життєздатності інформаційних технологій від їх конкретної практичної реалізації.

Підхід кусочно-поліноміальної апроксимації однозначних функцій з використанням методу можливих напрямів Г. Зойтендейка не зустрічається у класичному апараті вирішення задач наближеного представлення функцій. У 60–70 роки ХХ сторіччя, коли активно проводилися дослідження апроксимації функцій, цей метод був занадто важкий для обробки на обчислювальних машинах того часу. Тоді основна увага приділялася теорії поліноміальних і дрібно-раціональних наближень П.Л. Чебишева, С.Н. Бернштейна [9, 10], а для апроксимації функцій з кінцевою незначною гладкістю були введені сплайни [11, 12].

Важливість застосування підходу кусочно-поліноміальної апроксимації однозначних функцій з використанням методу можливих напрямів Дж. Зойтендейка [8] базується на застосування математичних і обчислювальних аспектів лінійного, квадратичного та опуклого програмування. Власне метод можливих напрямів дозволяє вирішувати ітераційними методами задачі максимізації увігнутої функції на опуклій множині, при цьому відбувається перехід від можливого неоптимального рішення до нового можливого рішення з більшим значенням функції, що оптимізується. Окрім цього, обраний метод дозволяє визначати довжину кроку, що дозволяє здійснювати оптимальний добір кроків визначеної довжини для досягнення оптимальної адаптації алгоритму до умов задач, що вирішуються СППР. А це є надважливим для вирішення задач з опису змін стану системи при забезпечення техногенної безпеки.

2. Математичне представлення життєздатності інформаційної технології управління техногенною безпекою

Життєздатну систему характеризує можливість адаптування до умов мінливого середовища [3]. Проте, на відміну від постулатів про життєздатну систему Ст. Біра, будь-яка система, створена людиною, має на меті не забезпечення самовиживання за будь-яку ціну, а виконання функцій, покладених на неї розробником. Спираючись на таку точку зору,

життєздатність інформаційної технології управління техногенною безпекою буде представляти собою методи та засоби, що об'єднані в технологічний ланцюг для забезпечення збору, зберігання, обробки, виводу і розповсюдження інформації відповідно до умов зміни середовища для забезпечення виживання людини та живих організмів у разі виникнення небезпеки.

У практичному застосуванні це буде означати, що інформаційна технологія забезпечуватиме процедури обробки інформації щодо роботи деякої досліджуваної системи S на конкретний час t та прогнозування розвитку цієї системи на час Δt , тобто, на якусь найближчу перспективу.

Функціонування складної системи характеризується описом ситуацій, які показують стан системи, наприклад, S_1, S_2, \dots, S_n , де кожен стан S_n заданий конкретними показниками процесів функціонування системи (Y_n, X_n, U_n), впливом зовнішнього середовища та факторів ризику Ξ_k :

$$S_n = \{(Y_n \in Y) \wedge (X_n \in X) \wedge (U_n \in U) \wedge (\Xi_n \in \Xi)\}, \quad (1)$$

де значення показника в момент часу $T_n \in T^\pm$ визначають, як відомо [13], відношення:

$$\begin{aligned} Y_s &= \hat{Y}[T_s]; X_s = \hat{X}[T_s]; U_s = \hat{U}[T_s]; \Xi_s = \hat{\Xi}[T_s]; \\ T_s &= \{t_s | t_s > t_{s-1}\}; T_s \in T^\pm; T^\pm = \{t | t^- \leq t \leq t^+\}; \\ Y &= (Y_i | i = \overline{1, m}); X = (X_j | j = \overline{1, n}); \\ U &= (U_q | q = \overline{1, Q}); \Xi = (\Xi_p | p = \overline{1, P}), \end{aligned} \quad (2)$$

де Y – множина зовнішніх параметрів Y_i , яка утримує всі показники якісного функціонування системи, у тому числі – безпечного функціонування;

X – множина внутрішніх параметрів X_j , до складу якої входять конструктивні, технологічні та інші показники;

U – множина керуючих параметрів U_q ;

Ξ – множина параметрів зовнішнього впливу Ξ_p та факторів ризику з деякою вірогідністю P ;

$\hat{Y}[T_s], \hat{X}[T_s], \hat{U}[T_s], \hat{\Xi}[T_s]$ – множина значень відповідних параметрів в час T_s ;

T^\pm – заданий або прогнозований період функціонування системи.

Будь-яка складна система у своєму функціонуванні досягає деякого інтервалу невпевненості. Заданий інтервал – інтервал реального часу, основні параметри якого нам відомі. Прогнозований період – інтервал невпевненості, параметри якого можуть бути невідомі зовсім, або сумнівні. Враховуючи це, життєздатність системи можна представити як функцію часу (та інформації, що входить), тобто, представити життєздатність як задачу моделювання вірогідності розвитку ситуації в часі.

Вирішуючи часткові задачі обробки кожного з видів інформації $J_k(S, t)$, $k = 1, \dots, r$ на проміжку часу $[t_1, t_2]$, інформацію, що обробляється, можна представити у наступному вигляді:

$$J(S, t) = \|i(S_l, t)\|_{l=1}^p, \quad (3)$$

де $i(S_l, t)$ – інформація, що отримана від джерела інформації S_l , $l = 1, \dots, p$.

Приймаємо, що джерело поставляє інформацію безперервно. У цьому випадку можна вважати, що система S життєздатна в момент часу t , за умови, що всі джерела інформації S_l , l

$= 1, \dots, p$ надають інформацію, що знаходиться в деякій області O_l . У випадку наявності хоча б одного джерела інформації S_l^i , інформація від якого виходить за межі припустимої області, можна казати про загрозу життєздатності системи.

Аналізуючи такий підхід у тривимірній системі координат, можна зазначити наступне: нехай припустима область змін показників джерела інформації S_l представлена сферою O_l з центром у деякій точці M_l . Приймаємо, що радіус цієї сфери дорівнює R_l . Якщо в деякий момент часу t' інформація, яка надається джерелом S_l , буде відповідати центру інформаційної сфери O_l , то вірогідність P_l життєздатності системи S згідно джерела інформації S_l буде оцінена, як 1. Наближення інформаційних даних до межі інформаційної області O_l буде означати зменшення вірогідності життєздатності системи S . На самій межі припустимої області цю вірогідність приймаємо за 0. Час t_l^0 , за який $P(S_l, t) = 0$ назвемо критичним за джерелом S_l . Якщо взяти до уваги всю сукупність джерел інформації про роботу системи S , то:

$$t_{кр} = \min(t_1^0, t_2^0, \dots, t_p^0). \quad (4)$$

На основі запису (4) можна визначити вірогідність настання критичного стану системи S :

$$P(S, t) = \min(P_1(S, t), P_2(S, t), \dots, P_p(S, t)). \quad (5)$$

Вираз (5) підтверджує формулу (3) і дозволяє представити співвідношення (1) як спрощену модель життєздатної інформаційної системи:

$$S_n = \{((Y_n \in Y) \wedge (X_n \in X) \wedge (U_n \in U) \wedge (\Xi_n \in \Xi)) \cap (T_n + \Delta T \in T)\}, \quad (6)$$

як можливості задовільно виконувати всі закладені в систему функції у будь-якій точці часового інтервалу до досягнення критичного стану системи.

Найбільш природнім засобом звуження невизначеності часового інтервалу є поділ його на декілька частин з наступним обчисленням значень цільової функції у вузлах сітки. У даному випадку пропонується розбивати часовий інтервал за методом «золотого перетину», тобто, обробляти та представляти для прийняття рішень значну частину інформації про поточний стан подій та інформацію з найбільш вірогідним прогнозом розвитку ситуації (у співвідношенні 0,618 : 0,382), що дозволить в сукупності отримати вірогідність забезпечення життєздатності інформаційної системи (для реалізації мети щодо забезпечення техногенної безпеки) згідно джерела інформації близькою до 1.

3. Кусочно-поліноміальна апроксимація з використанням методу Дж. Зойтендейка

Припустимо, що потрібно розглянути деякий напрям розвитку системи, тобто, вектору розвитку S з відповідною гладкістю P , обмеженнями j та з довжиною інтервала апроксимації d . Пошук вектору $S=(S_1, \dots, S_k)$ зводиться до знаходження наступного рішення задачі математичного програмування:

$$\sum_{i=1}^k d_j S_j \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^k P_{ij} S_j \leq 0 \quad (8)$$

$$(i = \overline{1, P_1}).$$

Як правило, приєднується ще одне обмеження, наприклад, наступне:

$$\sum_{j=1}^k S_j^2 \leq 1. \quad (9)$$

Можливі і інші обмеження в залежності від керуючих впливів на систему, тобто, можливі і інші умови нормалізації. Кожна з нормалізацій матиме свої особливості. Так, (9), наприклад, веде до збільшення обсягів розрахунків за кожною з ітерацій, проте кількість ітерацій буде меншою у порівнянні з випадком, коли б вираз був менше або дорівнював -1.

Задача (7) – (9) є задачею з одним квадратичним обмеженням. Для її вирішення можна застосувати методи квадратичного програмування, з попереднім представленням двоїстої задачі до наведених. В монографії Дж. Зойтендейка [8] запропонований один з підходів до рішення подібної задачі, який базується на основах теорії двоїстості та використовує прямий алгоритм двоїстого симплекс-методу.

Для знаходження рішення за допомогою обчислювальної техніки проводяться додаткові перетворення, в результаті чого утворюється похибка. Тому рішення насправді знаходиться в межах деякого інтервалу. Задача полягає в тому, щоб уникнути похибки або зробити її максимально малою. Саме тому головна увага повинна бути приділена пошуку початкового рішення та дотримання відповідності щодо обмежень. Тобто в підсумку, вирішуючи задачу методом можливих напрямів, буде отримане найкраще наближення поліномом деякої заданої функції розвитку системи на визначеному відрізку. Далі задача полягає у розбитті відрізку на під інтервали, які б задовольняли за точністю. Для цього може бути розглянута задача побудови полінома найкращої апроксимації з пониженням ступеня. У разі існування обмеження на ступінь, проводиться збільшення ступеня на 1 до результату, що задовольняє за точністю. За правилом, кроки при апроксимації повинні зменшуватися наполовину, але зменшення кроків можна провести і за правилом «золотого перетину», тоді помилка, за попередніми розрахунками, наближається до нуля. Особливо це важливо у тому випадку, коли система, що аналізується, розвивається у часі не динамічно, а переривчасто або з різною швидкістю. Тоді кожен крок відповідатиме якомусь інтервалу часу.

Перевірка первинних розрахунків буде отримана після написання алгоритму програми проведення обчислень на персональному комп'ютері за наведеними положеннями.

Висновки

Безпека функціонування промислових комплексів залежить від багатьох факторів як роботи підприємства, так і від наявності актуальної інформації щодо функціонування об'єкта на конкретний момент часу і прогнозу на найближчу перспективу.

Критична ситуація, що виникла у теперішній час навколо промислових об'єктів Східної України, вимагає застосування поняття техногенно небезпечної території. Ще у 2008–2012 роках до потенційно небезпечної території були віднесені райони Луганської області в межах трикутника Северодонецьк-Лисичанськ-Рубіжне та Горлівсько-Єнакієвську агломерацію Донецької області. У зазначених регіонах виділяють декілька найбільш небезпечних об'єктів: ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот», Лисичанське ПрАТ «Лінік», ВАТ «Лисичанський завод гумових технічних виробів», Рубіжанське ВАТ

«Краситель», Рубіжанський казенний хімічний завод «Зоря», Державне підприємство «Горлівський хімічний завод», Горлівське ПАТ «Концерн Стирол». І зараз ці території перейшли до статусу небезпечних територій – постійні обстріли небезпечних об'єктів, руйнація сховищ небезпечних речовин та могильників, відключення від електрики і водопостачання від небезпечних підприємств на тривалі терміни, руйнування господарських зв'язків щодо постачання та своєчасного вивезення небезпечних речовин, сировини і матеріалів, призводять до виникнення аварій, які виходять за межі, передбачені планами ліквідації аварійних ситуацій, картками подій та алгоритмами дій рятувальних підрозділів.

В роботі розглянуто підхід до можливої реалізації життєздатності інформаційних технологій управління техногенною безпекою при їх адаптації до умов реального часу, що склався на момент застосування цих технологій. Зокрема, запропоновано:

1) математичне представлення життєздатності інформаційної технології управління техногенною безпекою, що дозволить приділяти більше уваги розвитку системи, що аналізується, в часі та дослідження залежності у часі керуючих впливів та ресурсів, що постійно змінюються під впливом зовнішнього і внутрішнього середовища системи;

2) застосування кусочно-поліноміальної апроксимації з використанням методу Дж. Зойтендейка для дослідження вектора розвитку системи з метою отримання найменшої похибки при побудові моделі поведінки системи на заданому відрізку як у реальному часі, так і у перспективі з дотриманням відповідності щодо обмежень функціонування системи.

Все зазначене може бути використане для адаптації існуючих алгоритмів СППР із забезпечення техногенної безпеки до кризових умов середовища, що виникають на деяких техногенно навантажених територіях України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Руденко Б.Н., Ушаков И.Н. Надежность систем энергетики. – М.: Наука, 1986. – 52 с.
2. Теслер Г.С. Концепция построения гарантоспособных вычислительных систем / Г.С. Теслер // Математичні машини і системи. – 2006. – №1. – С. 134 – 145.
3. Бир Ст. Мозг фирмы / Бир Ст. – М.: Либроком, 2009. – 416 с.
4. Бир Ст. Кибернетика и управление производством / Бир Ст.; пер. с англ. В.Я. Алтаева. – М.: Наука, 1963. – 276 с.
5. Глушков В.М., Барабанов А.А., Калиниченко Л.А., Михновский С.Д., Рабинович З.Л. Вычислительные машины с развитыми системами интерпретации. – К.: Наукова думка, 1970. – 262 с.
6. Глушков В.М. Кибернетика. Вопросы теории и практики. – М.: Наука, 1986. – 488 с.
7. Громов Ю.Ю. Синтез и анализ живучести сетевых систем : монография / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, К.А. Набатов, О.Г. Иванова. – М. : «Издательство Машиностроение-1», 2007. – 152 с.
8. Зойтендейк Г. Методы возможных направлений. – М.: Издательство Иностранной литературы, 1963. – 178 с.
9. Дзядик В.К. Введение в теорию равномерного приближения функций полиномами. – М.: Наука, 1977. – 512 с.
10. Люк Ю. Специальные математические функции и их аппроксимации. – М.: Мир, 1980. – 608 с.
11. Василенко В.А. Сплайн-функции: теория, алгоритмы, программы. – Новосибирск: Наука, 1983. – 218 с.
12. Попов Б.А. Равномерное приближение сплайнами. – К.: Наук. думка, 1989. – 272 с.
13. Згуровський М.З. Системний аналіз. Проблеми, методологія застосування / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. – К.: «Наукова думка», 2011. – 728 с.