

USAGE OF ONTOLOGY-DRIVEN SYSTEM
OPTIMIZATION FOR FOOD SAFETY TASKS

Y. Chaplinsky

V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine

Key words:

*System optimization
Corrective action
Critical control point
Food safety
Context
Ontology*

Article history:

Received 10.07.2019
Received in revised form
26.07.2019
Accepted 06.08.2019

Corresponding author:

Y. Chaplinsky

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper presents objects that may relate to critical control points. This paper considers situations of need for corrective actions for a critical point of control within the food safety management system, based on Hazard Analysis and Critical Control Point (Hazard Analysis and Critical Control Point). The complexity of implementing such decision-making is the need to synthesize different points of view on the problem, incompatibility of decision-making tasks through structure or limiting factor etc. System optimization is a tool which allows decision maker to take into account the features of decision making tasks and to identify, analyze and solve such problems. The paper presents a conceptual description of decision making based on system optimization. The main stages of decision making are considered. System optimization knowledge, which is used in decision-making processes, is considered as the context knowledge and the knowledge that describes the content. For this purpose, an interconnected set of ontologies was used, which has a multilevel associative structure: meta-ontology; basic ontology; context ontology; set of domain ontologies; realization ontology; user presentation and interaction ontology; model of inference machine. Implementation of system optimization processes and integration of the components of decision-making is based on the presentation of the multi-level system of management and decision-making in it through a model of a particular context. The context framework takes into account different context domains, such as: purpose/result, actor, process/action, object, environment, facility, tools, presentation, location, and time. The implementation of ontology-driven system optimization builds an interconnected system of preparation and choice of solutions, both for the given problem and for interaction with other complexes of problems and tasks, allows to make decisions taking into account the consequences of their implementation.

ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГО-КЕРОВАНОЇ СИСТЕМНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ БЕЗПЕКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Ю. П. Чаплінський

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України

У статті представлено об'єкти, яких можуть стосуватися критичних точок контролю. Розглянуто ситуації виникнення необхідності в коригувальних діях для критичної точки контролю в рамках системи управління безпекою продуктів харчування, що базується на принципах НАССР.

Складність у реалізації такого прийняття рішень полягає в необхідності синтезу різних точок зору на проблему, несумісність задач прийняття рішень через структуру або обмежуючі фактори тощо. Системна оптимізація є засобом, що дає змогу врахувати особливості задач прийняття рішень, ідентифікувати, аналізувати та розв'язати такі задачі. Представлено концептуальний опис прийняття рішень на основі системної оптимізації. Розглянуто основні етапи прийняття рішень.

Усі знання, що використовуються в процесі прийняття рішень на основі системної оптимізації, розглядаються в розрізі знань, що описують контекст, та знань, що описують контент. Для цього використовується взаємопов'язана множина онтологій, що являє собою багаторівневу асоціативну структуру: мета-онтологія, базова онтологія, контекстна онтологія, множина онтологій предметної області, онтологія реалізацій, онтологія представлення користувача та взаємодії з ним, модель машини виведення.

Реалізація процесів технології системної оптимізації та інтеграція відповідних складових прийняття рішень, у свою чергу, базується на представленні багаторівневої системи управління та прийняття рішення в ній через модель певного контексту. У рамках такого розгляду контекст представляється через відповідні контекстні області, такі як: мета/результат, актор, процес/дія, об'єкт, середовище, можливості, засоби, представлення, розташування та час. Реалізація онтолого-керованої системної оптимізації будує взаємопов'язану систему підготовки та вибору рішень як для проблеми, що розглядається, так і при взаємодії з іншими комплексами проблем і задач, дає змогу приймати рішення з урахуванням наслідків їх реалізації.

Ключові слова: *системна оптимізація, коригувальна дія, критична точка контролю, безпека продуктів харчування, контекст, онтологія.*

Постановка проблеми. Сучасні технології харчової промисловості, вимоги безпеки харчових продуктів ланцюга поставок продуктів харчування від ферми до столу, вимоги до харчові логістики, продажів продуктів харчування, зберігання продуктів харчування, вимоги щодо зниження ризиків використання продуктів харчування та виникнення хвороб харчового похо-

дження, необхідність підтримання громадської довіри до безпечності харчових продуктів і тощо визначають необхідність контролю всього ланцюга виробництва харчового продукту. Це можливо реалізувати на основі використання системи управління безпеністю продуктів харчування, що базується на принципах НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Point, аналіз небезпек і критичні контрольні точки) та забезпечує структурований підхід до ідентифікації та контролю визначених небезпечних чинників і факторів порівняно з традиційними методами, такими як інспектування або контроль якості. Це дасть змогу виявити невідповідності на ранньому етапі, запобігти виробництву небезпечного продукту та, відповідно, потраплянню такого продукту до кінцевого споживача. В процесі створення, впровадження та використання такої системи управління може виникнути необхідність у зміні технологічних процесів або методів пакування, перегляд вимог до постачальників сировини і матеріалів, або навіть і в заміні виробничого обладнання чи технологій, зокрема виникає необхідність у коригувальних діях, які повинні включати насамперед визначення й усунення причин відхилень та невідповідностей [1; 2].

З іншого боку, прийняття рішень у таких системах управління описується взаємозв'язаними задачами. Причому, як правило, такі задачі виявляються несумісними через їхню структуру, що склалася, та обмежувальні фактори, так звані «вузькі місця». Обмежувальними факторами можуть бути вимоги до функціонування системи, вимоги до якості та безпечності продукції, наявність достатніх матеріальних ресурсів, виробничі можливості підприємств, об'єми фінансування, нормативні чи законодавчі вимоги щодо життєвого циклу виробництва тощо. Таким особливостям задач прийняття рішень відповідає технологія системної оптимізації, яка була запропонована академіком В. М. Глушковим [3].

У рамках такого розгляду важливим є розробка підходів до реалізації комп'ютерної підтримки для розв'язання задач безпеки продуктів харчування в системі безпеності продуктів харчування, що базується на принципах НАССР.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні необхідність у коригувальних діях у системі управління безпеністю продуктів харчування виникає при ситуаціях, коли значення параметрів у критичних точках контролю (КТК) (точок, де найвища ймовірність виникнення потенційної небезпеки) виходять за межі граничних значень, що визначені для цих КТК. У цьому випадку для кожної КТК в рамках управління безпеністю продуктів харчування, що базується на принципах НАССР, необхідно розробити конкретні коригувальні дії, за допомогою яких усуватимуться відхилення, що виникли [4; 5]. Своєчасно виявлене відхилення простіше піддати коригувальній дії, що надає можливість мінімізувати кількість ураженого продукту [6]. При цьому для кожної КТК необхідно розробити окремі плани коригувальних дій [7].

Ідеї технології системної оптимізації, що були представлені в [3], знайшли своє застосування при реалізації практичних задач, наприклад:

- при комплексному аналізі та цілеспрямованому формуванні умов розвитку організаційної системи [8];

- при створенні систем підтримки прийняття узгоджених рішень [8; 9];
- при розподіленому управлінні розвитком вищого навчального закладу і системи вищої освіти [10];
- для аналітичного конструювання оптимальних регуляторів [11].

Мета дослідження: концептуальне представлення використання онтолого-керованої системної оптимізації для визначення коригувальних дій у системі управління безпечністю продуктів харчування.

Викладення основних результатів дослідження. Гарантування безпечності продуктів харчування є основною метою застосування концепції НАССР до процесу виробництва. Існує безліч чинників, які не пов'язані з виробництвом і переробкою продуктів, але справляють негативний вплив на безпечність продуктів харчування. Ці та інші чинники повинні розглядатися при плануванні та в подальшому при створенні й підтримці системи управління безпечністю продуктів харчування. Codex Alimentarius визначає небезпечний чинник продукту харчування (food safety hazard) як біологічний, хімічний або фізичний агент у продукті харчування, або стан харчового продукту, що потенційно може спричинити негативний вплив на здоров'я.

Процедури коригувальних дій є необхідними для визначення причини проблеми, вжиття заходів щодо запобігання повторного виникнення та подальшого відстежування шляхом моніторингу й повторного оцінення [1]. При цьому під коригувальною дією розуміють «будь-яку дію, що підлягає виконанню у тому випадку, коли результати моніторингу в КТК вказують на втрату контролю».

Критичні точки контролю займають важливе місце в системі управління безпечністю продуктів харчування та визначають необхідне для усунення (мінімізації) впливу небезпечних чинників або можливості їх появи. Критична контрольна точка в системі НАССР — контроль з метою управління безпекою продуктів харчування. Критична точка контролю може бути пов'язана з відповідним об'єктом виробництва або етапом роботи у процесі виробництва, де визнається наявність ризику і необхідне вжиття заходів щодо його усунення, запобігання або скорочення. Критичні точки контролю можуть стосуватися об'єктів систем приміщень та робочого середовища (розташування підприємства, навколишні та внутрішні умови виробництва тощо), систем матеріалів і продукції (сировина, компоненти, напівфабрикати, вода тощо), виробничих систем (виробниче обладнання, технологічний контроль, санітарія тощо), систем технічних засобів та інженерних комунікацій (водопостачання, каналізаційні системи, освітлення тощо), персоналу та відвідувачей (знання, здоров'я, гігієна тощо), систем упаковки та маркування тощо.

Множину критичних точок контролю визначимо як $P = \{p^i, i = \overline{1, I}\}$, де p^i —

i -а критична контрольна точка. Множину параметрів — як $O^i = \{o_k^i, k = \overline{1, J^i}\}$,

де o_k^i — k -й параметр i -ї критичної контрольної точки.

Визначання граничних значень параметрів об'єктів КТК має за мету розділення допустимих показників параметра КТК від недопустимих. Граничні

значення являють собою величини або характеристики фізичного, хімічного чи біологічного характеру, які визначають межі між допустимим та недопустимим для того об'єкта, що вимірюється. Вони показують момент, коли допустима (контрольована) ситуація переходить у недопустиму (неконтрольовану) стосовно безпеки кінцевого продукту. Множину граничних значень параметрів для критичної точки контролю визначимо як $C^i = \{c_j^i(o_j^i), j \in J^i\}$, $i = \overline{1, I}$ — індекс критичної точки контролю, $j \in J^i$ — індекс параметрів i -критичної точки контролю. Множина граничних значень параметрів для критичної точки контролю визначає область рішень, що має директивні обмеження або директивну область рішень, де повинні знаходитись всі рішення задачі.

Коригувальні дії повинні забезпечити приведення показника КТК до встановлених граничних значень і регламентувати дії з продукцією, що вироблені під час відхилення показника від допустимих меж. Коригувальні дії мають дві складові:

1) виявлення й усунення причини відхилення та відновлення контролю над технологічним процесом;

2) виявлення продукту, що був вироблений за умов відхилення технологічного процесу від критичної межі, та визначення його подальшого призначення.

Коригувальні дії повинні бути розроблені для кожної критичної точки контролю, але в окремих випадках можуть бути розроблені оперативно після виникнення порушення критичних меж. Слід зауважити, що різноманітність можливих відхилень у кожній КТК означає, що в цій точці необхідне виконання декількох коригувальних дій.

Для кожної критичної точки визначаються коригувальні дії $A^i = \{a_j^i, j \in J^i\}$, що застосовуються у разі порушення граничних значень параметрів для критичної точки контролю.

Значення параметрів у момент моніторингу або аналізу визначимо як v_j^{*i} , $i = \overline{1, I}$ — індекс критичної точки контролю, $j \in J^i$ — індекс параметрів i -критичної точки контролю.

Якщо $\exists i \in I, j \in J^i$, що $v_j^{*i} \notin c_j^i(o_j^i)$, то виникає необхідність у коригувальних діях. Варіанти коригувальних дій: ізоляція та утримання продукту для проведення оцінки його безпечності; проведення дій, що направлені на зміну значень параметрів критичної точки контролю до меж граничних значень; переведення ураженого продукту або інгредієнтів на іншу технологічну лінію, де відхилення, що відбулось, не буде вважатися критичним; повторна обробка; знищення продукту. Слід зауважити, що особливістю виробництва продуктів харчування є те, що, зазвичай, вони мають обмежені ресурси (персонал, час, обладнання, кваліфікація, досвід, фінанси тощо) для реалізації таких дій.

Також регулювання виробничого процесу повинне виконуватися, коли результати моніторингу вказують на тенденцію до втрати контролю в КТК.

Тоді потрібно вжити заходи для повернення процесу в межі граничних значень до моменту виникнення відхилення.

Для кожної з коригувальних дій потрібно розробити варіанти альтернативних рішень, які потім необхідно оцінити за багатьма критеріями (час, людські, матеріальні, виробничі та фінансові ресурси тощо) та вибрати варіант для подальшого втілення в життя. Існуючі можливості підприємства для проведення відповідних коригувальних визначають область рішень, що має локальні обмеження задачі, тобто допустимих рішень. При цьому необхідний контроль, як мінімум, трьох основних параметрів прийняття рішень: час (рішення повинне бути отримане і виконане в заданий період часу); витрати (рівень ресурсів для реалізації рішення повинен бути дотриманий); якість (вимоги до рішення повинні бути дотримані).

У разі необхідності проведення коригувальних дій використовується технологія системної оптимізації, суть якої полягає в цілеспрямованій зміні моделей прийняття рішень для досягнення припустимості та у виборі найбільш прийняттого рішення поставленої задачі [9]. При цьому необхідно виділити параметри КТК O_c^i , $O_c^i \in O^i$, якими можна керувати та досягти граничних значень для цих параметрів, та параметри O_{nc}^i , $O_{nc}^i \in O^i$, якими неможливо керувати. Ці параметри визначають різні ситуації прийняття рішень. Наприклад, якщо $O_{nc}^i \neq \emptyset$ та існують параметри з цієї множини, що стосуються сировини, продукції тощо, то необхідна переробка продукції, утилізація продукції, а потім визначення корегувальних дій у рамках КТК із зміни відповідного технологічного процесу, обладнання тощо для подальшого виробництва певної продукції. Якщо $O_c^i \neq \emptyset$ та $O_{nc}^i = \emptyset$, то необхідно виконати корегувальні дії, так щоб $\forall j \in J^i, v_j^{*i} \in c_j^i(o_j^i)$. Визначення ситуацій і можливих дій базується на логічному виведенні на основі бази знань (системі онтологій) системи управління безпечністю продуктів харчування.

Процес прийняття рішень у цій ситуації складається з послідовності етапів, кожен з яких включає такі елементи: визначення рішень локальних задач з урахуванням результатів, отриманих на попередніх етапах; узгодження рішень пов'язаних локальних задач. Підтримка прийняття рішень — це інтелектуальна комп'ютерна технологія посилення можливостей людини, що приймає рішення в процесі спостереження за станом предметної області, діагностики проблемних ситуацій і цілей дій, планування дій і генерацію способів їх реалізації, формування раціональних варіантів рішень з використанням експертних знань і методів моделювання й оптимізації. Основні етапи прийняття рішень:

- моніторинг і збір достовірних даних про процеси функціонування системи;
- розпізнавання, прогнозування розвитку й оцінка штатних і критичних ситуацій, що мають місце у діяльності системи;
- постановка цілей і пошук альтернативних дій з їх досягнення в умовах ситуацій, що складаються в підсистемах підприємства і в системі в цілому;

- адекватна оцінка можливих способів дій, аналіз наслідків і вибір найбільш ефективних з них з комплексним аналізом усього спектра характеристик альтернативних рішень;

- організація виконання рішень, що включає оцінку і вибір напрямів робіт по реалізації рішень, конкретних заходів і термінів, розподіл ресурсів для реалізації рішень;

- контроль виконання рішень на основі оцінки та порівняння станів і результатів (проміжних при зіставленні з бажаними кінцевими) діяльності, оцінку якості рішень, що приймалися, і правильності організації їх вироблення.

У загальному вигляді прийняття рішень у рамках технології системної оптимізації може бути описано набором такого вигляду: $SO = \langle M, R(M), A(M), F(M), F(SO) \rangle$, де $M = \{M_1, \dots, M_n\}$ — множина прикладних, предметно-формальних і формальних моделей, які описують певні етапи системної оптимізації; $R(M)$ — множина правил вибору необхідної моделі або сукупності моделей для виконання етапу, тобто правил, які реалізують відображення $R(M): S \rightarrow M$, де S — множина можливих ситуацій (станів), або $S' \in M$, де S' — множина ситуацій (станів), при виникненні яких відбувається зміна моделі; $A(M) = \{A(M_1), \dots, A(M_n)\}$ — множина методів розв'язання задач на основі моделей M_i , $i = 1, \dots, n$; $F(M) = \{F(M_1), \dots, F(M_n)\}$ — множина правил модифікації моделей M_i , $i = 1, \dots, n$. Кожне правило $F(M_i)$ визначає відображення $F(M_i): S'' \times M_i \rightarrow M'_i$, де $S'' \subseteq S'$, M'_i — модифікація моделі M_i ; $F(SO)$ — правило модифікації SO — її базових конструкцій M , $A(M)$, $R(M)$, $F(M)$ та, можливо, самого правила $F(SO)$, тобто $F(SO)$ реалізує цілий ряд відображень (комплексне відображення) $F(SO): S''' \times M \rightarrow M'$, $S''' \times A(M) \rightarrow A'(M)$, $S''' \times R(M) \rightarrow R'(M)$, $S''' \times F(M) \rightarrow F'(M)$, $S''' \times F(SO) \rightarrow F'(SO)$, де $S''' \subseteq S$, $S''' \cap S'' = \emptyset$, $S''' \cap S' = \emptyset$, тобто правила модифікації цього типу використовуються в ситуаціях, коли наявних множин моделей, методів, правил вибору і правил модифікації недостатньо для пошуку рішення (рішень) в певній ситуації.

Отже, при представленні знань про розв'язання задачі за допомогою технології системної оптимізації необхідно описати [8]: моделі, що описують вихідну задачу та виникають у процесі реалізації технології системної оптимізації; методи та алгоритми розв'язання сформованих моделей; процес розв'язання задачі за допомогою технології системної оптимізації.

Розглянемо формальну модель локальної задачі прийняття рішення в багаторівневих системах, яка має так загальний вигляд: $M_i = \{C^x \rightarrow extr, X_0, X(u^{i-1}), X(u^i), U(x), U(x^{i+1})\}$, де i — індекс задачі ($i \in I = \overline{1, L}$); x — рі-

шення i -ї задачі; X_0 — область рішень, що визначається локальними обмеженнями задачі; $X(u^{i-1})$ — область рішень, що визначається директивними обмеженнями; $X(u^i)$ — область рішень, що визначається з урахуванням компромісних зв'язків із задачами, що володіють однаковим з усією задачею пріоритетами; $U(x)$ — область змінних u , що залежить від рішення x^* задачі; $U(x^{i+1})$ — область змінних, що характеризують вплив задачі на пов'язані з нею задачі з меншим пріоритетом. Наявність у задачах прийняття рішення локальних цілей і пріоритетів взаємодії приводить до різних ситуацій взаємодії між відповідними задачами.

Якщо припустимих рішень у локальній задачі не існує, то виникає необхідність у цілеспрямованій зміні області X_0 або $X(u^i)$ для виконання директивних вимог, що визначаються областю $X(u^{i-1})$, де u^{i-1} отримано при розв'язанні більш пріоритетних задач. Така задача корекції розв'язується за допомогою технології системної оптимізації. Процес прийняття рішень в цій ситуації складається з послідовності етапів, кожен з яких включає такі елементи: визначення рішень локальних задач з урахуванням результатів, отриманих на попередніх етапах; узгодження рішень пов'язаних локальних задач.

Перший етап полягає в аналізі моделей локальних задач. Якщо допустимих рішень у локальній задачі не існує, то виникає необхідність у цілеспрямованій зміні області X_0 для виконання директивних вимог з області $X(u^{i-1})$. Така задача корекції X_0 інтерпретується як задача системної оптимізації.

Тож рішення локальної задачі (локальне допустиме рішення) буде знайдено безпосередньо або буде отримано в результаті розв'язання задачі системної оптимізації, тобто $X_0 \cap X(u^{i-1}) \neq \emptyset$.

Оскільки рішення отрималося без урахування області зв'язків $X(u^i)$, то значення параметра u визначені незалежно в кожній з пов'язаних задач і можуть не збігатися. Тоді узгодження рішень полягає в знаходженні таких локально допустимих (оптимальних, компромісних) рішень, для яких значення параметрів зв'язку рівні. Можливі підходи до реалізації алгоритмів узгодження рішень щодо параметрів зв'язку наведені в [12].

У разі відсутності таких узгоджених рішень необхідна корекція моделей пов'язаних задач для досягнення сумісності в просторі параметрів, яка може бути зведена до задачі системної оптимізації. Основною проблемою при цьому є вибір напрямку та величини корекції областей X_0 , $X(u^{i-1})$.

Отримане рішення визначить значення параметра u^{i+1} , що характеризує вплив задачі на пов'язані з нею задачі з меншим пріоритетом.

Отже, для $i \in I, j \in J^i$, що $v_j^{*i} \notin c_j^i(o_j^i)$, можна визначити варіанти реалізації коригувальних дій та відповідну оцінку таких варіантів. Для того, щоб вибрати

варіант коригувальної дії (дій), необхідно сформулювати задачу як багатокри-теріальну задачу оптимізації, методи розв'язання яких представлені в [13].

Для представлення технології системної оптимізації будемо використовувати взаємопов'язану множину онтологій, що являє собою багаторівневу асоціативну структуру вигляду:

$$O = \langle O_{meta}, O_{core}, O_{ctxt}, \{O_{DM}\}, O_R, O_{user}, Inf \rangle,$$

де O_{meta} — мета-онтологія, або онтологія верхнього рівня; O_{core} — базова онтологія; O_{ctxt} — контекстна онтологія; $\{O_{DM}\}$ — множина онтологій предметної області, що включає представлення задач предметної області, онтологій предметно-формального та формального представлення; O_R — онтологія реалізацій, що включає опис програмного забезпечення для підтримки прийняття рішень; O_{user} — онтологія представлення користувача та взаємодії з ним; Inf — модель машини виведення, що асоціюється з онтологічною моделлю O .

Зауважимо, що реалізація процесів технології системної оптимізації та інтеграція відповідних складових прийняття рішень, у свою чергу, базується на представленні багаторівневої системи управління та прийняття рішення в ній через модель певного контексту.

Контекст слід розглядати як концептуальну або інтелектуальну конструкцію, яка складається з понять у межах відповідних контекстних областей і допомагає нам зрозуміти, проаналізувати та використовувати природу, значення та ефекти через елементарні сутності у відповідному середовищі або обставинах. Також контекст представляє ціле, що визначається через певні сутності, які є важливими при такому розгляді задач.

Формально розглянемо контекст як конструкцію, що складається з понять у межах відповідних контекстних областей та описується онтологією контексту через таку структуру контекстних областей [14]:

$$O_{ctx} = \left\langle O_{ctx}^{AR}, O_{ctx}^A, O_{ctx}^{PA}, O_{ctx}^O, O_{ctx}^E, O_{ctx}^F, O_{ctx}^{Fclt}, O_{ctx}^R, O_{ctx}^{Plc}, O_{ctx}^T \right\rangle.$$

На загальному рівні O_{ctx} описується такими контекстними областями: O_{ctx}^{AR} — мета/результат, O_{ctx}^A — актор, O_{ctx}^{PA} — процес/дія, O_{ctx}^O — об'єкт, O_{ctx}^E — середовище, O_{ctx}^F — можливості, O_{ctx}^{Fclt} — засоби, O_{ctx}^R — представлення, O_{ctx}^{Plc} — розташування, O_{ctx}^T — час.

Такий розгляд контексту в рамках задач безпеки продуктів харчування, не впливаючи безпосередньо на процес прийняття рішень, обмежує його лише значущими для цього контексту правилами/процедурами. Це дає змогу:

- 1) логічно виводити новий контекст з наявних;
- 2) повторно використовувати контекст за допомогою застосування контекстів вищих рівнів абстракції, їх інтеграції та конкретизації для певних умов і завдань;

3) отримувати контекст більш високого рівня абстракції з контексту, що розглядається;

4) розбивати контекст на складові — логічно пов'язані внутрішньо узгоджені контексти.

Реалізація інформаційних технологій, які базуються на використанні технології системної оптимізації, відповідних знань у вигляді онтології та контексту, надає можливість внести до організації процесу прийняття рішень ряд важливих властивостей, перейти до безперервного аналізу ситуацій та планування дій, забезпечує проведення корекції процесу прийняття рішень без порушення технологічної цілісності та взаємозв'язків, допускає багатоваріантність варіантів рішень і можливість їх отримання за різними критеріями і моделями, буде взаємопов'язану систему підготовки та вибору рішень як для проблеми, так і при взаємодії з іншими комплексами проблем і завдань, приймати рішення з урахуванням наслідків їх реалізації. При цьому отримані рішення відповідають SMART-критеріям: тобто є конкретними, вимірними, погодженими, реалістичними, чітко прив'язаними до часу (SMART — за першими буквами відповідних англійських слів).

Висновок

Представлений підхід використання онтолого-керованої системної оптимізації до аналізу та вибору коригувальних дій дає змогу реалізувати інтелектуальну знанне-орієнтовану підтримку прийняття рішень в рамках системи управління безпечністю продуктів харчування, особливостями якої є, зокрема, взаємозалежність рішень, вимоги до функціонування, обмеження поведінки, інформаційні обмеження, ресурсні обмеження, час і середовище, яке постійно змінюється, тощо та основою якої є контекст та онтологія.

Результати дослідження буде використано в рамках науково-дослідної роботи «Розробка контекстно-орієнтованих онтологокерованих алгоритмів системної оптимізації на прикладі безпеки продуктів харчування».

Література

1. Система аналізу ризиків і критичних контрольних точок ХАССП. Рекомендації для молокозаводів зі зразками програм ХАССП для молочних продуктів. Міжнародна асоціація виробників молочної продукції IDFA, 2009. 306 с.
2. Димань Т. М., Мазур Т. Г. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів. К.: Академія, 2011. 520 с.
3. Глушков В. М. О системной оптимизации. Кибернетика. 1980. № 5. С. 89—90.
4. Бочарова О. В. Управління безпечністю товарів: підручник. Одеса: Атлант, 2014. 376 с.
5. Посібник для малих та середніх підприємств молокопереробної галузі з підготовки та впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів на основі концепцій НАССР. Міжнародний інститут безпеки та якості харчових продуктів (IFSQ). Київ, 2010. 194 с.
6. Белов Ю. П. Розробка та впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів НАССР. *Світ якості України*. 2005. № 2. С. 42—45.
7. Давлеев А. Д., Версан В. Г. Системы анализа рисков и определения критических контрольных точек. М., 2002. 594 с.

8. Доленко Г. О. Системна оптимізація. Прикладні задачі: Навч.-метод. посіб. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2012. 67 с.
9. Чаплінський Ю. П. Алгоритми системної оптимізації для різних припустимих варіацій параметрів. *Проблеми інформатизації та управління*. 2007. № 1. С. 163—168.
10. Годлевский М. Д., Бронин С. В., Чередниченко О. Ю. Распределённые модели управления развитием ВУЗа. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2007. № 1/2(25). С. 86—91.
11. Доленко Г. О., Хусаїнов Д. Я. Проблеми системної оптимізації в задачах динаміки. *Вісник Київського університету*. Серія: Кібернетика. 2009. Випуск 6. С. 15—21.
12. Волкович В. Л., Коленов Г. В. Метод раздельного решения взаимосвязанных оптимизационных задач. *Изв. АН СССР. Сер. Техн. киберн.* 1990. № 6. С. 28—43.
13. Михалевич В. С., Волкович В. Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982. 286 с.
14. Чаплінський Ю. П., Субботіна О. В. Онтологія та контекст при розв'язанні прикладних задач прийняття рішень. *Штучний інтелект*. 2016. № 2. С. 147—155.