

A MULTIDIMENSIONAL MATHEMATICAL MODEL OF THE PRESENTATION OF INFORMATION REGARDING THE ENVIRONMENTAL STATE OF THE NATURAL AND TECHNOLOGICAL GEEOSYSTEM FOR THE AUTOMATED SYSTEM OF MANAGEMENT OF A FOOD ENTERPRISE IN THE CONDITIONS OF RUSSIAN AGGRESSION

V. Derman

National University of Food Technologies

S. Petrukhin

Military Institute of Tank Troops of the National Technical University of Ukraine "KhPI"

Key words:

*Information representation
Mathematical model
Natural-technogenic geosystem
Automated control system
food enterprise*

Article history:

Received 14.07.2023
Received in revised form
31.07.2023
Accepted 15.08.2023

Corresponding author:

V. Derman
E-mail:
vderman@ukr.net

Citation: В. А. Дерман, С. Ю. Петрухін (2023). Багатовимірний математичний модель представлення інформації щодо екологічного стану природно-техногенної геосистеми для автоматизованої системи управління харчовим підприємством в умовах російської агресії. *Наукові праці НУХТ*, 29(4), 33—49.
DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-4-5

ABSTRACT

In the conditions when a war is being waged on the territory of Ukraine with the Russian aggressor, the development of an automated system for the environmental condition of a food enterprise, taking into account the military-technogenic component, which is due to the scale of hostilities on almost the entire territory of the country, becomes an urgent task. In this case, attention should separately be paid to the need for a new representation of the hierarchical components of the geosystem as a natural-technogenic geosystem. In this article, approaches to creating a multidimensional representation of information about the ecological state of the natural-technological geosystem, which includes a number of parameters characteristic of it were analyzed.

The development of a mathematical model of multidimensional representation of information was carried out on the basis of the technologies of operational analytical data processing and the language of the algebra of finite predicates. The use of this mathematical apparatus for the automation of monitoring and management of the state of the natural and human-made geosystem of a food enterprise provides an opportunity to effectively support management decision-making. It allows to ensure promptness and objectivity in the conditions of limited response times during the damage to populated areas, potentially dangerous objects, objects of critical infrastructure and operational areas of hostilities.

The hierarchical structures of presenting information about the components of the natural-technogenic geosystem of the food enterprise, the components of the military-technogenic load from the use of various weapon systems and military equipment, emergency situations of a socio-political and military nature were substantiated.

DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-4-5

БАГАТОВИМІРНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ ГЕОСИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ХАРЧОВИМ ПІДПРИЄМСТВОМ В УМОВАХ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ

В. А. Дерман

Національний університет харчових технологій

С. Ю. Петрухін

Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету України «ХПІ»

В умовах, коли на території України ведеться війна з російським агресором, актуальним завданням стає розробка автоматизованої системи управління станом навколишнього середовища харчового підприємства з урахуванням воєнно-техногенної компоненти, що обумовлено масштабом бойових дій практично на всій території нашої держави. З огляду на це слід окремо зупинитися на необхідності нового представлення ієрархічних складових геосистеми як природно-техногенної геосистеми.

У статті проаналізовано підходи до побудови багатовимірного представлення інформації про екологічний стан природно-техногенної геосистеми, що включає цілий ряд характерних для неї параметрів.

Розробка математичної моделі багатовимірного представлення інформації здійснювалась на основі технологій оперативної аналітичної обробки даних і мови алгебри скінченних предикатів. Використання цього математичного апарату для автоматизації моніторингу й управління станом природно-техногенної геосистеми харчового підприємства надає можливість ефективної підтримки прийняття управлінських рішень, дає змогу забезпечити оперативність і об'єктивність в умовах обмежених термінів реагування під час ураження населених пунктів, потенційно небезпечних об'єктів, об'єктів критичної інфраструктури та операційних районів ведення бойових дій.

Обґрунтовано ієрархічні структури представлення інформації про складові природно-техногенної геосистеми харчового підприємства, складові воєнно-техногенного навантаження від застосування різних систем зброї і військової техніки, надзвичайні ситуації соціально-політичного і військового характеру. Наведені в статті способи формування вектора екологічного стану природно-техногенної геосистеми харчового підприємства під час реалізації багатовимірної інформаційної моделі в подальшому використовуються для автоматизації процесів управління станом природно-техногенної геосистеми харчового підприємства з формуванням математичних законів управління.

Ключові слова: *представлення інформації, математична модель, військова природно-техногенна геосистема, автоматизована система управління, харчове підприємство, вектор екологічного стану, алгебра скінченних предикатів*

Постановка проблеми. Складність і багатофакторність екологічних процесів потребують впровадження сучасних еколого-інформаційних систем, що відповідають особливостям управління екологічним станом природно-техногенних геосистем (ПТГС). Питання накопичення, збереження, оперативної обробки інформації, інтерпретації й узгодженості даних завжди залишаються актуальними під час вирішення завдань забезпечення екологічної безпеки.

На сьогодні у зв'язку з активними бойовими діями, що ведуться практично на всій території України, постійно зростає необхідність у підвищенні оперативності і якості інформаційного забезпечення посадових осіб та осіб, що приймають рішення, (ОПР) для прийняття ефективних управлінських рішень у галузі реагування на відповідно до міжнародних і загальноєвропейських вимог та рекомендацій комісії ЄЕК ООН (Варламов, 2007).

У сучасних умовах, коли в Україні ведеться неоголошена повномасштабна війна із застосуванням усіх видів озброєння і військової техніки, створення та забезпечення функціонування інфраструктури регіональних систем моніторингу навколишнього природного середовища (НПС) на основі інтеграції елементів відомчих мереж моніторингу (Варламов, 2007) та інформаційних корпоративних екологічних систем (ІКЕС) (Козуля, Петрухін, 2007), в тому числі і харчових підприємств, потребує вирішення цілого ряду науково-практичних завдань. До них слід віднести такі:

- комплексний аналіз екологічної обстановки уражених територій, потенційно небезпечних об'єктів і об'єктів критичної інфраструктури;
- виявлення факторів негативного впливу на навколишнє середовище від застосування систем зброї і військової техніки й оцінка характеристики інтенсивності їх впливу на довкілля та стан здоров'я людини;
- організація системи екологічного моніторингу за джерелами воєнно-техногенного впливу на довкілля;
- створення багатовимірних баз даних для еколого-інформаційних систем з екологічної безпеки харчових підприємств;
- оцінка та прогнозування стану природно-техногенної геосистеми (ПТГС) харчового підприємства і розвитку екологічної ситуації з метою підготовки інформації і надання її для особи, що приймає рішення (ОПР);
- інформаційна підтримка та розробка обґрунтованих рекомендацій на основі даних екологічного моніторингу для прийняття ефективних управлінських рішень із дотримання вимог екологічної безпеки, збереження НПС і раціонального природокористування на території харчового підприємства;
- розробка пропозицій щодо попередження, локалізації, ліквідації забруднення НПС та екологічної реабілітації території ПТГС;
- організація контролю працездатності систем екологічного моніторингу та взаємозв'язку між елементами його структури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, зокрема, завдання щодо вдосконалення процесів інформаційного забезпечення ОПР та автоматизації систем управління станом НПС із застосуванням новітніх досягнень у галузі моніторингу, реляційних баз даних, розподіленої обробки інформації, геоінформаційних систем та систем підтримки прийняття рішень, показав їх важливість і актуальність

(Петрухін, 2009; Романченко, Лисенко, & Турейчук, 2009; Чумаченко, Яковлев, & Парталян, 2022), особливо в умовах російської агресії.

Аналіз вітчизняних публікацій показав, що для вирішення цих проблем можна застосувати технології оперативної аналітичної обробки даних (OLAP) (Петрухін, 2009; Чумаченко, & Сорокін, 2009; Чумаченко, & Парталян, 2018), які засновані на комп'ютерних автоматизованих методах і засобах для збору, зберігання та аналізу багатовимірних даних і розраховані на роботу з ієрархічними та багатоієрархічними структурами. У разі застосування такого підходу інформація надається у вигляді багатовимірного куба, який формується за проведеними вимірами, що відповідають характеристикам як екологічного стану ВПТГС (компоненти військової природно-техногенної екосистеми і регіону в цілому, чинники негативного впливу на НПС, джерела надходження інформації, час надходження інформації), так і користувачів ІКЕС. Як виміри гіперкуба можуть бути використані тільки окремі показники ієрархічних структур зазначених характеристик.

Метою статті є розробка багатовимірної математичної моделі представлення інформації про стан ПТГС, що забезпечує підтримку процесів прийняття рішень у системі управління станом НПС харчового підприємства.

На цьому етапі дослідження розглянуто такі питання:

1) розробка ефективної моделі проектування ІКЕС як інформаційно-аналітичної системи для підтримки прийняття рішень на основі технологій OLAP та мови алгебри скінченних предикатів;

2) формування вимірів гіперкуба відповідно до оптимального ступеня агрегації даних з метою отримання своєчасної й об'єктивної інформації про екологічний стан ПТГС;

3) визначення шляхів формування раціонального вектора екологічного стану (Чумаченко, & Сорокін, 2009) ПТГС за рахунок реалізації багатовимірної інформаційної моделі.

Матеріали і методи. З метою інформаційного забезпечення підтримки прийняття ефективних управлінських рішень актуальною є розробка багатовимірних баз даних, що дають змогу отримувати своєчасну й об'єктивну інформацію про екологічний стан ПТГС харчового підприємства.

Для вирішення цієї наукової задачі можна застосувати технології OLAP. Також буде застосовано методи аналізу багатовимірних даних, що розраховані на роботу з ієрархічними та багатоієрархічними структурами.

Це дасть змогу відстежувати всі ієрархічні чинники негативного впливу на НПС, прогнозувати наслідки воєнно-техногенного впливу, а також здійснювати оцінку ефективності функціонування ІКЕС харчового підприємства.

Викладення основних результатів дослідження. *Чинники негативного впливу на навколишнє середовище.* Негативний вплив на навколишнє середовище, що, у свою чергу, призводить до виникнення небезпечних екологічних процесів, мають як природні стихійні явища, так і антропогенні (техногенні) чинники. Безперечно, в умовах сучасного світу між антропогенними та природними чинниками впливу та забруднення існує тісний взаємозв'язок, але з метою прийняття ефективного управлінського рішення є необхідність і можливість впорядкування інформації за рахунок розмежування чинників впливу. Крім того, в рамках соціо-еколого-економічної системи є необхідність ураховувати надзвичайні ситуації соціально-

політичного та військового характеру, що можуть призвести до негативного впливу на навколишнє середовище. Але з метою прийняття ефективного управлінського рішення є і необхідність, і можливість впорядкування інформації за рахунком розмежування чинників впливу. Крім того, в рамках ІКЕС харчового підприємства є необхідність ураховувати надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру, що можуть призвести до негативного впливу на навколишнє середовище.

Ієрархічна структура інформації щодо надзвичайних ситуацій природного характеру (ДК 019:2010, 2010; Романченко, Лисенко, & Борисюк, 2011) наведена на рис. 1, де кожен елемент відповідає сфері виникнення негативного впливу та характеризується наявною інформацією про екологічний стан.

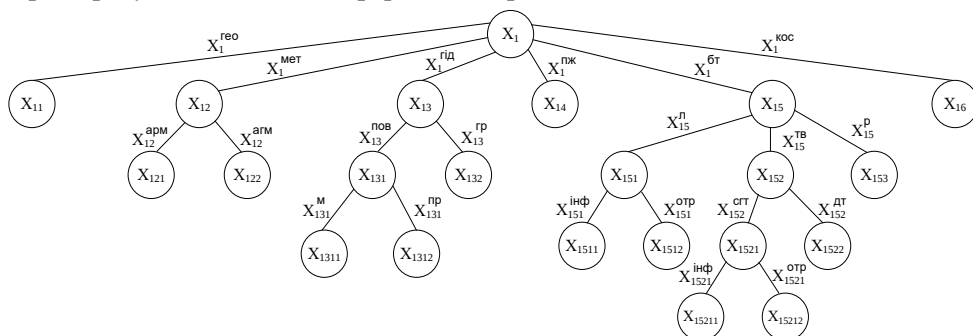


Рис. 1. Ієрархічна структура елемента x_1 — «надзвичайні ситуації природного характеру»

Мовою алгебри скінченних предикатів (Bondarenko, Dudar, & Cherkashin, 2005; Бондаренко, & Шабанов-Кушнарєнко, 2008) визначену структуру можна записати у вигляді рівняння:

$$x_1^{geo} \vee x_1^{met} \vee x_1^{hid} \vee x_1^{пж} \vee x_1^{bt} \vee x_1^{koc} = 1.$$

Надзвичайні ситуації геологічного характеру:

$$P(x_0, x_1, x_{11}) = x_0^{np6} x_1^{geo} = PP_1^{geo}.$$

Надзвичайні ситуації метеорологічного характеру, в свою чергу, розглядаються як аерометеорологічні та агрометеорологічні:

$$x_{12}^{apm} \vee x_{12}^{azm} = 1;$$

$$P(x_0, x_1, x_{12}, x_{121}) = x_0^{np6} x_1^{met} x_{12}^{apm} = PP_2^{met};$$

$$P(x_0, x_1, x_{12}, x_{122}) = x_0^{np6} x_1^{met} x_{12}^{azm} = PP_3^{met}.$$

Надзвичайні ситуації гідрологічного характеру:

$$x_{13}^{nov} \vee x_{13}^{ep} = 1,$$

поверхневі, які мають розглядатись як морські та прісноводні

$$x_{131}^m \vee x_{131}^{np} = 1;$$

$$P(x_0, x_1, x_{13}, x_{131}, x_{1311}) = x_0^{np6} x_1^{hid} x_{13}^{nov} x_{131}^m = PP_4^{hid};$$

$$P(x_0, x_1, x_{13}, x_{131}, x_{1312}) = x_0^{np6} x_1^{hid} x_{13}^{nov} x_{131}^{np} = PP_5^{hid}$$

і ґрунтові

$$P(x_0, x_1, x_{13}, x_{132}) = x_0^{np6} x_1^{ci0} x_{13}^{cp} = PP_6^{ci0}.$$

Пожежі в природних екосистемах:

$$P(x_0, x_1, x_{14}) = x_0^{np6} x_1^{nж} = PP_7^{nж}.$$

Надзвичайні ситуації медико-біологічного характеру:

$$x_{15}^l \vee x_{15}^{m6} \vee x_{15}^p = 1,$$

де вплив на людину може відбуватися шляхом інфекційного захворювання або шляхом отруєння

$$x_{151}^{inf} \vee x_{151}^{omp} = 1;$$

$$P(x_0, x_1, x_{15}, x_{151}, x_{1511}) = x_0^{np6} x_1^{bm} x_{15}^l x_{151}^{inf} = PP_8^{m6};$$

$$P(x_0, x_1, x_{15}, x_{151}, x_{1512}) = x_0^{np6} x_1^{bm} x_{15}^l x_{151}^{omp} = PP_9^{m6};$$

вплив небезпечних явищ на тварин потребує відповідного розмежування останніх на свійських і диких:

$$x_{152}^{c6m} \vee x_{152}^{dm} = 1;$$

під час розгляду впливу на свійських тварин слід брати до уваги випадки їх інфекційних захворювань і випадки масових отруєнь

$$x_{1521}^{inf} \vee x_{1521}^{omp} = 1;$$

$$P(x_0, x_1, x_{15}, x_{152}, x_{1521}, x_{15211}) = x_0^{np6} x_1^{bm} x_{15}^{m6} x_{152}^{c6m} x_{1521}^{inf} = PP_{10}^{m6};$$

$$P(x_0, x_1, x_{15}, x_{152}, x_{1521}, x_{15212}) = x_0^{np6} x_1^{bm} x_{15}^{m6} x_{152}^{c6m} x_{1521}^{omp} = PP_{11}^{m6};$$

щодо впливу на диких тварин, то слід розглядати випадки їх масової загибелі

$$P(x_0, x_1, x_{15}, x_{152}, x_{1522}) = x_0^{np6} x_1^{bm} x_{15}^{m6} x_{152}^{dm} = PP_{12}^{m6};$$

вплив на рослини доцільно розглядати, як ураження сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками

$$P(x_0, x_1, x_{15}, x_{153}) = x_0^{np6} x_1^{bm} x_{15}^p = PP_{13}^{m6}.$$

Надзвичайні ситуації космічного характеру:

$$P(x_0, x_1, x_{16}) = x_0^{np6} x_1^{koc} = PP_{14}^{koc}.$$

Воєнно-техногенний вплив на НПС (Чумаченко, Яковлев, & Парталіян, 2022; Романченко, Лисенко, & Борисюк, 2011; Chumachenko, 2022; Sharonova, Kozulia, 2008; Posudin, 2014) за своєю природою поділяється на хімічний, фізичний, механічний і біологічний.

Враховуючи практичний підхід на основі багатокритеріальної оцінки впливу на НПС із застосуванням експертно-аналітичних процедур (Анищенко, Свердлов, & Писня, 2009), декомпозиція інформації щодо антропогенних чинників впливу мовою алгебри скінченних предикатів має такий вигляд:

$$x_2^{x3} \vee x_2^{fb} \vee x_2^{m3} \vee x_2^{b3} = 1.$$

Хімічний вплив:

$$x_{21}^{np} \vee x_{21}^{bp} = 1.$$

Під час аналізу чинників хімічного впливу слід брати до уваги чинники, які виникли внаслідок впливу хімічних речовин чи сполук, що утворилися в разі хімічних реакцій у різноманітних галузях промисловості або сільського господарства (рис. 2) і внаслідок застосування хімічної зброї (рис. 3) (Мальований, Беденко, & Григор'єв, 2009; Ganesan, Raza, & Vijayaraghavan, 2010).

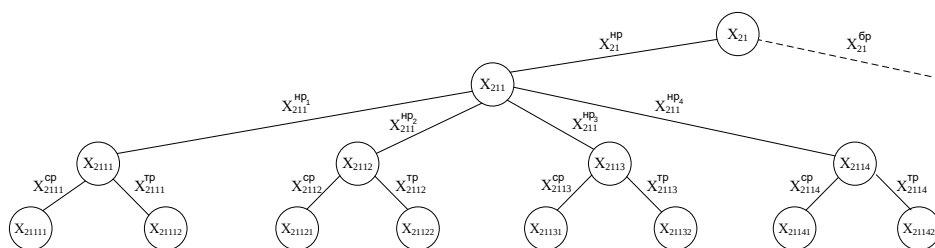


Рис. 2. Ієрархічна структура елемента x_{211} — «небезпечні хімічні речовини»

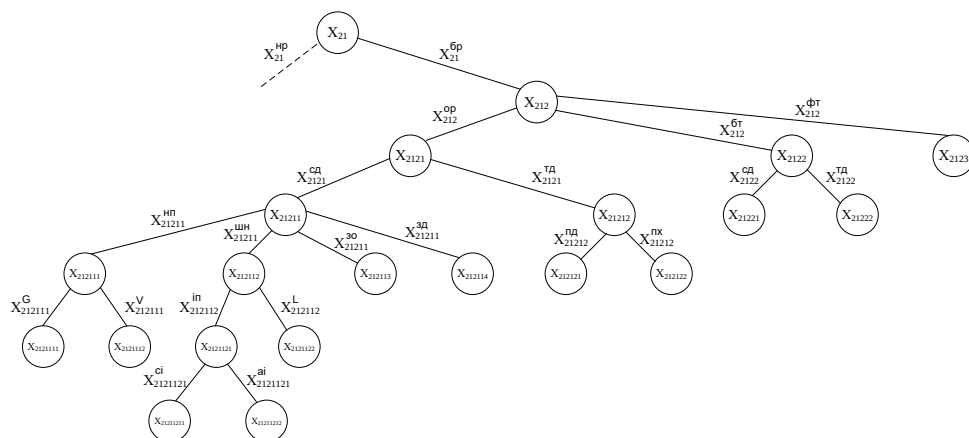


Рис. 3. Ієрархічна структура елемента x_{212} — «бойові токсичні хімічні речовини»

У разі розподілу небезпечних хімічних речовин за класами небезпеки, маємо:

$$x_{211}^{hp_1} \vee x_{211}^{hp_2} \vee x_{211}^{hp_3} \vee x_{211}^{hp_4} = 1,$$

а кожен з класів небезпеки, у свою чергу, буде розподілений на:

$$x_{2111}^{cp} \vee x_{2111}^{mp} = 1;$$

$$x_{2112}^{cp} \vee x_{2112}^{mp} = 1;$$

$$x_{2113}^{cp} \vee x_{2113}^{mp} = 1;$$

$$x_{2114}^{cp} \vee x_{2114}^{mp} = 1.$$

Кожен клас небезпеки для сильнодіючих отруйних речовин буде записаний як скінченний предикат:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{211}, x_{2111}, x_{21111}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{hp} x_{211}^{hp_1} x_{2111}^{cp} = X_1^{cp};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{211}, x_{2112}, x_{21121}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{hp} x_{211}^{hp_2} x_{2112}^{cp} = X_2^{cp};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{211}, x_{2113}, x_{21131}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{hp} x_{211}^{hp_3} x_{2113}^{cp} = X_3^{cp};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{211}, x_{2114}, x_{21141}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{hp} x_{211}^{hp_4} x_{2114}^{cp} = X_4^{cp}.$$

Відповідно, класи небезпеки для хімічних токсичних сполук:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{211}, x_{2111}, x_{21112}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{hp} x_{211}^{hp_1} x_{2111}^{mp} = X_5^{mp};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{211}, x_{2112}, x_{21122}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{hp} x_{211}^{hp_2} x_{2112}^{mp} = X_6^{mp};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{211}, x_{2113}, x_{21132}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{hp} x_{211}^{hp_3} x_{2113}^{mp} = X_7^{mp};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{211}, x_{2114}, x_{21142}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{нр} x_{211}^{нр4} x_{2111}^{mp} = XZ_8^{mp}.$$

До бойових токсичних хімічних речовин належать: отруйні речовини, білкові токсини та фітотоксиканти (рис. 3):

$$x_{212}^{op} \vee x_{212}^{bm} \vee x_{212}^{fm} = 1.$$

Відповідно до тактичної та фізіологічної класифікацій отруйні речовини будуть записані:

- нервово-паралітичної дії:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21211}, x_{212111}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{cd} x_{21211}^{nn} x_{212111}^G = XZ_9^{op};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21211}, x_{212112}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{cd} x_{21211}^{nn} x_{212112}^V = XZ_{10}^{op};$$

- шкірно-нарывної дії:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21211}, x_{212112}, x_{2121121}, x_{21211211}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{cd} x_{21211}^{nn} x_{212112}^{in} x_{2121121}^{ci} = XZ_{11}^{op};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21211}, x_{212112}, x_{2121121}, x_{21211212}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{cd} x_{21211}^{nn} x_{212112}^{in} x_{2121121}^{ai} = XZ_{12}^{op};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21211}, x_{212112}, x_{2121121}, x_{21211212}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{cd} x_{21211}^{nn} x_{212112}^{in} x_{2121121}^{ai} = XZ_{12}^{op};$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21211}, x_{212112}, x_{2121122}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{cd} x_{21211}^{nn} x_{212112}^L = XZ_{13}^{op};$$

- загальноотруйної дії:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21211}, x_{212113}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{cd} x_{21211}^{so} = XZ_{14}^{op};$$

- задущлиивої дії:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21211}, x_{212114}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{cd} x_{21211}^{3d} = XZ_{15}^{op};$$

- подразливої дії:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21212}, x_{212121}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{md} x_{21212}^{nd} = XZ_{16}^{op};$$

- психохімічної дії:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2121}, x_{21212}, x_{212122}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{op} x_{2121}^{md} x_{21212}^{nx} = XZ_{17}^{op}.$$

Білкові токсини поділяються на смертельної дії та ті, що тимчасово виводять зі строю:

$$x_{2122}^{cd} \vee x_{2122}^{md} = 1;$$

відповідно, маємо:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2122}, x_{21221}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{m} x_{2122}^{cd} = XZ_{18}^m,$$

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2122}, x_{21222}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{m} x_{2122}^{md} = XZ_{19}^m.$$

Фітотоксиканти:

$$P(x_0, x_2, x_{21}, x_{212}, x_{2123}) = x_0^{анв} x_2^{хз} x_{21}^{бр} x_{212}^{fm} = XZ_{20}^{fm}.$$

До фізичного впливу відносять: радіаційний, електромагнітний, акустичний, тепловий і світловий (рис. 4).

$$x_{22}^{pф} \vee x_{22}^{еиф} \vee x_{22}^{акф} \vee x_{22}^{тф} \vee x_{22}^{свф} = 1.$$

а) радіаційний вплив.

Джерела ядерних іонізуючих випромінювань за походженням поділяються на природні та штучні:

$$x_{221}^{np} \vee x_{221}^{шт} = 1.$$

Штучні джерела, у свою чергу, поділяються на джерела закритого (ізолюваного) та відкритого (не ізолюваного) типу:

$$x_{2212}^{j3} \vee x_{2212}^{нj3} = 1.$$

в) акустичний вплив виникає за рахунок виникнення шумів, вібрацій, прискорень та сейсмічних хвиль:

$$x_{223}^{шм} \vee x_{223}^{бб} \vee x_{223}^{np} \vee x_{223}^{смх} = 1;$$

$$P(x_0, x_2, x_{22}, x_{223}, x_{2231}) = x_0^{анв} x_2^{фз} x_{22}^{акф} x_{223}^{шм} = \Phi Z_{10}^{акф};$$

$$P(x_0, x_2, x_{22}, x_{223}, x_{2232}) = x_0^{анв} x_2^{фз} x_{22}^{акф} x_{223}^{бб} = \Phi Z_{11}^{акф};$$

$$P(x_0, x_2, x_{22}, x_{223}, x_{2233}) = x_0^{анв} x_2^{фз} x_{22}^{акф} x_{223}^{np} = \Phi Z_{12}^{акф};$$

$$P(x_0, x_2, x_{22}, x_{223}, x_{2234}) = x_0^{анв} x_2^{фз} x_{22}^{акф} x_{223}^{смх} = \Phi Z_{13}^{акф}.$$

г) тепловий вплив є наслідком теплових викидів переважної більшості промислових підприємств, устаткування і машин, що використовують процеси горіння, нагрівання, вибуху, теплові агрегати тощо:

$$P(x_0, x_2, x_{22}, x_{224}) = x_0^{анв} x_2^{фз} x_{22}^{mf} = \Phi Z_{14}^{mf}.$$

д) світловий вплив, що є наслідком роботи джерел випромінювання оптичного діапазону, з урахуванням їх біологічних ефектів, буде записано:

$$P(x_0, x_2, x_{22}, x_{225}) = x_0^{анв} x_2^{фз} x_{22}^{свф} = \Phi Z_{15}^{свф}.$$

Механічний вплив, що є наслідком тиску колесами та гусеницями, завислих речовин у повітрі та воді, течій, вирубування лісу, відлову тварин та перешкоди їх міграції, перевертання пластів ґрунту тощо, запишемо як:

$$P(x_0, x_2, x_{23}) = x_0^{анв} x_2^{мз} = MZ_1^{мз}.$$

Біологічний вплив: як біологічні забруднювачі слід розглядати патогени, небезпечні для людини, тварин і рослин (Leitenberg, 2001) (рис. 5).

$$x_{24}^{лм} \vee x_{24}^{мб} \vee x_{24}^p = 1.$$

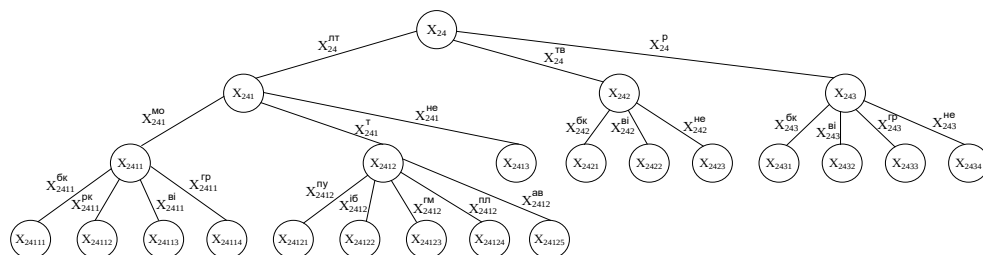


Рис. 5. Ієрархічна структура елемента x_{24} — «біологічне вплив»

До патогенів, що є небезпечними для людей і тварин, належать мікроорганізми й токсини, крім того, слід брати до уваги можливість виникнення інфекційних захворювань невиявленої етіології, чи викликаних генетично зміненими мікроорганізмами:

$$x_{241}^{мо} \vee x_{241}^m \vee x_{241}^{не} = 1.$$

У свою чергу, до мікроорганізмів, що здатні викликати інфекційні захворювання, належать: бактерії, рикетсії, віруси та грибки:

$$x_{2411}^{бк} \vee x_{2411}^{рк} \vee x_{2411}^{ві} \vee x_{2411}^{гп} = 1;$$

$$P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2411}, x_{24111}) = x_0^{анв} x_2^{бз} x_{24}^{лм} x_{241}^{мо} x_{2411}^{бк} = BZ_1^{мо};$$

$$\begin{aligned}
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2411}, x_{24112}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{лм} x_{241}^{мо} x_{2411}^{рк} = B\bar{3}_2^{мо}; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2411}, x_{24113}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{лм} x_{241}^{мо} x_{2411}^{ei} = B\bar{3}_3^{мо}; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2411}, x_{24114}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{лм} x_{241}^{мо} x_{2411}^{cp} = B\bar{3}_4^{мо}.
 \end{aligned}$$

За механізмом дії токсини поділяють на 5 типів (Козуля, & Петрухін, 2007), відповідно запишемо:

$$\begin{aligned}
 x_{2412}^{ny} \vee x_{2412}^{i\bar{б}} \vee x_{2412}^{zm} \vee x_{2412}^{nl} \vee x_{2412}^{ав} &= 1; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2412}, x_{24121}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{лм} x_{241}^{м} x_{2412}^{ny} = B\bar{3}_5^m; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2412}, x_{24122}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{лм} x_{241}^{м} x_{2412}^{i\bar{б}} = B\bar{3}_6^m; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2412}, x_{24123}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{лм} x_{241}^{м} x_{2412}^{zm} = B\bar{3}_7^m; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2412}, x_{24124}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{лм} x_{241}^{м} x_{2412}^{nl} = B\bar{3}_8^m; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2412}, x_{24125}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{лм} x_{241}^{м} x_{2412}^{ав} = B\bar{3}_9^m.
 \end{aligned}$$

Інфекційні захворювання невиявленої етіології:

$$P(x_0, x_2, x_{24}, x_{241}, x_{2413}) = x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{лм} x_{241}^{не} = B\bar{3}_{10}^{не}.$$

До патогенів, що є небезпечними для тварин, належать віруси та бактерії, також існує можливість виникнення інфекційних захворювань невиявленої етіології у сільськогосподарських тварин чи викликаних генетично зміненими мікроорганізмами:

$$\begin{aligned}
 x_{242}^{\bar{б}к} \vee x_{242}^{ei} \vee x_{242}^{не} &= 1; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{242}, x_{2421}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{тв} x_{242}^{\bar{б}к} = B\bar{3}_{11}^{мо}; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{242}, x_{2422}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{тв} x_{242}^{ei} = B\bar{3}_{12}^{мо}; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{242}, x_{2423}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^{тв} x_{242}^{не} = B\bar{3}_{13}^{мо}.
 \end{aligned}$$

До патогенів, що є небезпечними для рослин належать віруси, бактерії та грибки, а також існує можливість виникнення хвороб невиявленої етіології у сільськогосподарських рослин:

$$\begin{aligned}
 x_{243}^{\bar{б}к} \vee x_{243}^{ei} \vee x_{243}^{cp} \vee x_{243}^{не} &= 1; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{243}, x_{2431}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^p x_{243}^{\bar{б}к} = B\bar{3}_{14}^{мо}; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{243}, x_{2432}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^p x_{243}^{ei} = B\bar{3}_{15}^{мо}; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{243}, x_{2433}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^p x_{243}^{cp} = B\bar{3}_{16}^{мо}; \\
 P(x_0, x_2, x_{24}, x_{243}, x_{2434}) &= x_0^{анв} x_2^{\bar{б}3} x_{24}^p x_{243}^{не} = B\bar{3}_{17}^{мо}.
 \end{aligned}$$

Надзвичайні ситуації соціально-політичного і військового характеру (рис. 6), наслідки дій яких можуть спричинити негативний вплив на НПС в цілому, і, безпосередньо, на стан ПТГС харчового підприємства, розглядаються відповідно до положень, що зазначені в (ДК 019:2010, 2010), і будуть записані:

$$\begin{aligned}
 x_3^{збн} \vee x_3^{доd} \vee x_3^{зен} \vee x_3^{en} \vee x_3^{зв} \vee x_3^{збн} \vee x_3^{аво} &= 1; \\
 P(x_0, x_3, x_{31}, x_{311}) &= x_0^{спх} x_3^{збн} x_{31}^{одв} = C\bar{П}_1^{збн}; \\
 P(x_0, x_3, x_{31}, x_{312}) &= x_0^{спх} x_3^{збн} x_{31}^{доку} = C\bar{П}_2^{збн};
 \end{aligned}$$

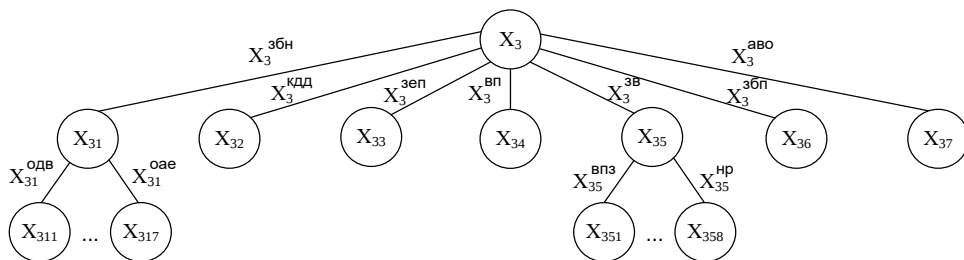


Рис. 6. Ієрархічна структура елемента x_3 — «надзвичайні ситуації соціально-політичного і військового характеру»

$$\begin{aligned}
 P(x_0, x_3, x_{31}, x_{313}) &= x_0^{cpx} x_3^{збн} x_{31}^{лоо} = СП_3^{збн}; \\
 P(x_0, x_3, x_{31}, x_{314}) &= x_0^{cpx} x_3^{збн} x_{31}^{трц} = СП_4^{збн}; \\
 P(x_0, x_3, x_{31}, x_{315}) &= x_0^{cpx} x_3^{збн} x_{31}^{62} = СП_5^{збн}; \\
 P(x_0, x_3, x_{31}, x_{316}) &= x_0^{cpx} x_3^{збн} x_{31}^{03} = СП_6^{збн}; \\
 P(x_0, x_3, x_{31}, x_{317}) &= x_0^{cpx} x_3^{збн} x_{31}^{оае} = СП_7^{збн}; \\
 P(x_0, x_3, x_{32}) &= x_0^{cpx} x_3^{кдд} = СП_8^{кдд}; \\
 P(x_0, x_3, x_{33}) &= x_0^{cpx} x_3^{зеп} = СП_9^{зеп}; \\
 P(x_0, x_3, x_{34}) &= x_0^{cpx} x_3^{6n} = СП_{10}^{6n}; \\
 P(x_0, x_3, x_{35}, x_{351}) &= x_0^{cpx} x_3^{зб} x_{35}^{впз} = СП_{11}^{зб}; \\
 P(x_0, x_3, x_{35}, x_{352}) &= x_0^{cpx} x_3^{зб} x_{35}^{6n} = СП_{12}^{зб}; \\
 P(x_0, x_3, x_{35}, x_{353}) &= x_0^{cpx} x_3^{зб} x_{35}^{6m} = СП_{13}^{зб}; \\
 P(x_0, x_3, x_{35}, x_{354}) &= x_0^{cpx} x_3^{зб} x_{35}^{аро} = СП_{14}^{зб}; \\
 P(x_0, x_3, x_{35}, x_{355}) &= x_0^{cpx} x_3^{зб} x_{35}^{6m} = СП_{15}^{зб}; \\
 P(x_0, x_3, x_{35}, x_{356}) &= x_0^{cpx} x_3^{зб} x_{35}^{pp} = СП_{16}^{зб}; \\
 P(x_0, x_3, x_{35}, x_{357}) &= x_0^{cpx} x_3^{зб} x_{35}^{сдоp} = СП_{17}^{зб}; \\
 P(x_0, x_3, x_{35}, x_{358}) &= x_0^{cpx} x_3^{зб} x_{35}^{нр} = СП_{18}^{зб}; \\
 P(x_0, x_3, x_{36}) &= x_0^{cpx} x_3^{збп} = СП_{19}^{збп}; \\
 P(x_0, x_3, x_{37}) &= x_0^{cpx} x_3^{аво} = СП_{20}^{аво}.
 \end{aligned}$$

До компонентів військової природно-техногенної геосистеми (ВПТГС), які визначають, характеризують і безпосередньо впливають на її стан, належать: абіотичні компоненти екосистеми, біотичні компоненти екосистеми та параметри військової інфраструктури (Чумаченко, & Сорокін, 2009) (рис. 7):

$$y_0^{абк} \vee y_0^{бк} \vee y_0^{нін} = 1.$$

Параметри абіотичних компонентів екосистеми:

а) компоненти складових навколишнього середовища:

$$y_{11}^{атм} \vee y_{11}^{ср} \vee y_{11}^e = 1,$$

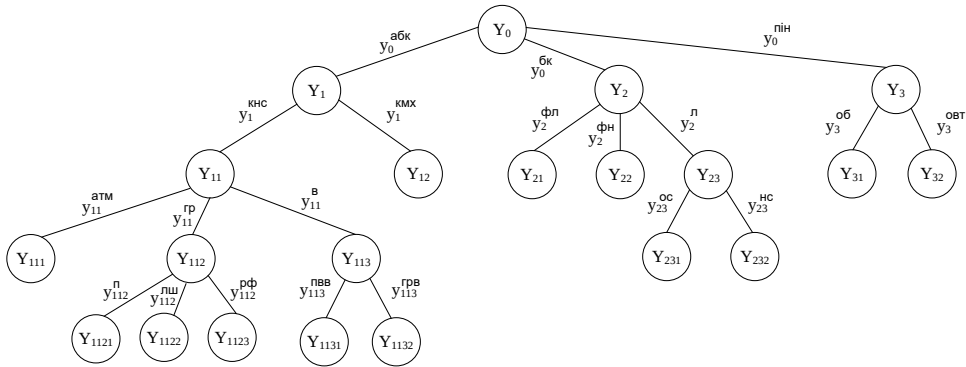


Рис. 7. Ієрархічна структура елемента y_0 — «компоненти ВПТГС»

- параметри приземного шару атмосфери:

$$P(y_0, y_1, y_{11}, y_{111}) = y_0^{абк} y_1^{кнс} y_{11}^{пв} = ABK_1^{кнс};$$

- параметри ґрунтів (ґрунти, ландшафт, рельєф):

$$y_{112}^n \vee y_{112}^{лш} \vee y_{112}^{рф} = 1;$$

$$P(y_0, y_1, y_{11}, y_{112}, y_{1121}) = y_0^{абк} y_1^{кнс} y_{11}^{гр} y_{112}^п = ABK_2^{кнс};$$

$$P(y_0, y_1, y_{11}, y_{112}, y_{1122}) = y_0^{абк} y_1^{кнс} y_{11}^{гр} y_{112}^{лш} = ABK_3^{кнс};$$

$$P(y_0, y_1, y_{11}, y_{112}, y_{1123}) = y_0^{абк} y_1^{кнс} y_{11}^{гр} y_{112}^{рф} = ABK_4^{кнс};$$

- параметри води (поверхневі, ґрунтові):

$$y_{113}^{пвв} \vee y_{113}^{гров} = 1;$$

$$P(y_0, y_1, y_{11}, y_{113}, y_{1131}) = y_0^{абк} y_1^{кнс} y_{11}^{в} y_{113}^{пвв} = ABK_5^{кнс};$$

$$P(y_0, y_1, y_{11}, y_{113}, y_{1132}) = y_0^{абк} y_1^{кнс} y_{11}^{в} y_{113}^{гров} = ABK_6^{кнс}.$$

б) компоненти складових кліматично-метеорологічної характеристики навколишнього середовища:

- природний радіаційний фон, Р/год:

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{121}) = y_0^{абк} y_1^{кмх} y_{12}^{фп} = ABK_7^{кмх};$$

- температурний режим (повітря, ґрунт, поверхневі води), 0C :

$$y_{122}^{тмп} \vee y_{122}^{тмг} \vee y_{122}^{тмв} = 1;$$

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{122}, y_{1221}) = y_0^{абк} y_1^{кмх} y_{12}^{фп} y_{122}^{тмп} = ABK_8^{кмх};$$

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{122}, y_{1222}) = y_0^{абк} y_1^{кмх} y_{12}^{фп} y_{122}^{тмг} = ABK_9^{кмх};$$

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{122}, y_{1223}) = y_0^{абк} y_1^{кмх} y_{12}^{фп} y_{122}^{тмв} = ABK_{10}^{кмх};$$

- тиск атмосферного повітря, мм. рт. ст. або Па:

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{123}) = y_0^{абк} y_1^{кмх} y_{12}^{фп} = ABK_{11}^{кмх};$$

- вітровий режим (швидкість, напрямок), м/с:

$$y_{124}^{шв} \vee y_{124}^{нв} = 1;$$

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{124}, y_{1241}) = y_0^{абк} y_1^{кмх} y_{12}^{фп} y_{124}^{шв} = ABK_{12}^{кмх};$$

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{124}, y_{1242}) = y_0^{абк} y_1^{кмх} y_{12}^{фп} y_{124}^{нв} = ABK_{13}^{кмх};$$

- відносна вологість повітря, %:

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{125}) = y_0^{ab\kappa} y_1^{kmx} y_{12}^{66n} = ABK_{14}^{kmx};$$

- хмарність, бали:

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{126}) = y_0^{ab\kappa} y_1^{kmx} y_{12}^{xm} = ABK_{15}^{kmx};$$

- опади (кількість, хімічний склад), мм:

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{127}, y_{1271}) = y_0^{ab\kappa} y_1^{kmx} y_{12}^{ep} y_{127}^{kc} = ABK_{16}^{kmx};$$

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{127}, y_{1272}) = y_0^{ab\kappa} y_1^{kmx} y_{12}^{ep} y_{127}^{xc} = ABK_{17}^{kmx};$$

- сонячна інсоляція, кал/см²:

$$P(y_0, y_2, y_{12}, y_{128}) = y_0^{ab\kappa} y_1^{kmx} y_{12}^{cin} = ABK_{18}^{kmx}.$$

Параметри біотичних компонентів біоценозу:

$$y_2^{fn} \vee y_2^{fn} \vee y_2^{\eta} = 1;$$

- компоненти флори:

$$P(y_0, y_2, y_{21}) = y_0^{\delta\kappa} y_2^{fn} = BK_1^{fn};$$

- компоненти фауни:

$$P(y_0, y_2, y_{22}) = y_0^{\delta\kappa} y_2^{fn} = BK_2^{fn};$$

- компоненти, що характеризують стан здоров'я людини (військовослужбовці, населення):

$$y_{23}^{oc} \vee y_{23}^{\eta} = 1;$$

$$P(y_0, y_2, y_{23}, y_{231}) = y_0^{\delta\kappa} y_2^{\eta} y_{23}^{oc} = BK_3^{\eta};$$

$$P(y_0, y_2, y_{23}, y_{232}) = y_0^{\delta\kappa} y_2^{\eta} y_{23}^{\eta} = BK_4^{\eta}.$$

За джерелами впливу параметри інфраструктури поділяються на стаціонарні об'єкти та озброєння і військову техніку:

$$y_3^{ob} \vee y_3^{o6m} = 1.$$

До стаціонарних об'єктів військово-техногенної території належать: парки озброєння і техніки, навчальні поля та стрільбища, житлова зона, складська зона і, за наявності, будівельні майданчики:

$$y_{31}^{nbm} \vee y_{31}^{ych} \vee y_{31}^{jztz} \vee y_{31}^{bom} = 1.$$

У свою чергу, до складу парків озброєння і техніки входять: пункти заправки та склади ПММ, акумуляторні, пункти технічного обслуговування й ремонту, пункти чищення та миття техніки, пункти збирання відпрацьованих мастил і спеціальних рідин, місця зберігання озброєння, бойової та іншої техніки:

$$y_{31}^{nmm} \vee y_{31}^{akm} \vee y_{31}^{nmp} \vee y_{31}^{nch} \vee y_{31}^{npr} \vee y_{31}^{mzt} = 1;$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{311}, y_{3111}) = y_0^{nin} y_3^{ob} y_{31}^{nbm} y_{311}^{nmm} = \Pi H_1^{ob};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{311}, y_{3112}) = y_0^{nin} y_3^{ob} y_{31}^{nbm} y_{311}^{akm} = \Pi H_2^{ob};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{311}, y_{3113}) = y_0^{nin} y_3^{ob} y_{31}^{nbm} y_{311}^{nmp} = \Pi H_3^{ob};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{311}, y_{3114}) = y_0^{nin} y_3^{ob} y_{31}^{nbm} y_{311}^{nch} = \Pi H_4^{ob};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{311}, y_{3115}) = y_0^{nin} y_3^{ob} y_{31}^{nbm} y_{311}^{npr} = \Pi H_5^{ob};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{311}, y_{3116}) = y_0^{nin} y_3^{ob} y_{31}^{nbm} y_{311}^{mzt} = \Pi H_6^{ob}.$$

Навчальні поля та стрільбища:

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{312}) = y_0^{nin} y_3^{об} y_{31}^{учп} = \Pi H_7^{об}.$$

До складу житлової зони належать такі основні об'єкти: об'єкти казармо-житлового фонду, їдальні, майстерні, котельні, системи водопостачання, каналізації та очисні споруди, звалища відходів:

$$y_{313}^{кжф} \vee y_{313}^{ід} \vee y_{313}^{мст} \vee y_{313}^{кт} \vee y_{313}^{свп} \vee y_{313}^{скн} \vee y_{313}^{свв} = 1;$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{313}, y_{3131}) = y_0^{nin} y_3^{об} y_{31}^{жтз} y_{313}^{кжф} = \Pi H_8^{об};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{313}, y_{3132}) = y_0^{nin} y_3^{об} y_{31}^{жтз} y_{313}^{ід} = \Pi H_9^{об};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{313}, y_{3133}) = y_0^{nin} y_3^{об} y_{31}^{жтз} y_{313}^{мст} = \Pi H_{10}^{об};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{313}, y_{3135}) = y_0^{nin} y_3^{об} y_{31}^{жтз} y_{313}^{свп} = \Pi H_{11}^{об};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{313}, y_{3136}) = y_0^{nin} y_3^{об} y_{31}^{жтз} y_{313}^{скн} = \Pi H_{12}^{об};$$

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{313}, y_{3137}) = y_0^{nin} y_3^{об} y_{31}^{жтз} y_{313}^{свв} = \Pi H_{13}^{об}.$$

Складська зона:

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{314}) = y_0^{nin} y_3^{об} y_{31}^{скз} = \Pi H_{14}^{об}.$$

Будівельні майданчики:

$$P(y_0, y_3, y_{31}, y_{315}) = y_0^{nin} y_3^{об} y_{31}^{бдм} = \Pi H_{15}^{об}.$$

За призначенням ОВТ являє собою військову техніку (бойові машини, техніка забезпечення повсякденної життєдіяльності), стрілецьку зброю і артилерійське озброєння:

$$y_{32}^{вт} \vee y_{32}^{стз} \vee y_{32}^{озб} = 1;$$

$$y_3^{бм} \vee y_3^{гт} = 1;$$

$$P(y_0, y_3, y_{32}, y_{321}, y_{3211}) = y_0^{nin} y_3^{овт} y_{32}^{вт} y_{321}^{бм} = \Pi H_{16}^{овт};$$

$$P(y_0, y_3, y_{32}, y_{322}) = y_0^{nin} y_3^{овт} y_{32}^{стз} = \Pi H_{17}^{овт};$$

$$P(y_0, y_3, y_{32}, y_{323}) = y_0^{nin} y_3^{овт} y_{32}^{озб} = \Pi H_{18}^{овт}.$$

Подальший ієрархічний розподіл за гілкою графа (рис. 8), що описує наявні озброєння та військову техніку, здійснюється відповідно до специфічних військово-техногенних об'єктів.

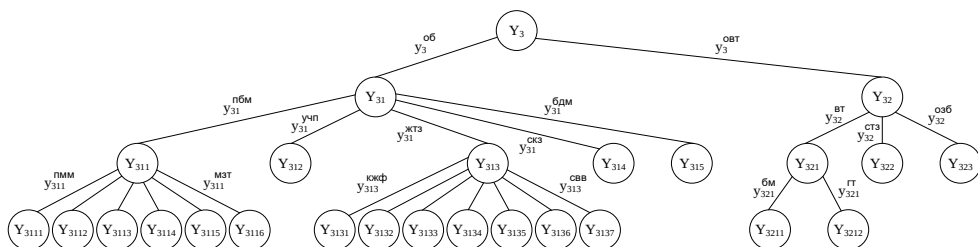


Рис. 8. Ієрархічна структура елемента уз — «параметри військової інфраструктури»

Таким чином, багатовимірне відображення інформації вказує наявність чинника впливу на НС та характеризує його інтенсивність. Рівняння, які описують стан ВПТГС, можуть бути представлені у вигляді перемикального ланцюга, та реалізовані апаратно. Відповідно до визначених чарунок гіперкуба, за допомогою

розроблених моделей формується раціональний (обґрунтовано визначений) вектор екологічного стану відповідно до конкретного об'єкта, ВПТГС чи ситуації, що склалась, який реалізується у вигляді екологічного портрета (Козуля, & Петрухін, 2007), і надає інформацію до ОПР. При цьому відображається вплив і результативність усіх чинників зовнішньої і внутрішньої дії на кожний окремий компонент об'єкта спостереження, що сприяє отриманню оперативної та достовірної інформації про стан об'єкта дослідження.

Враховуючи розвиток теорії інформації та практики прийняття управлінських рішень щодо урегулювання відносин між соціо-еколого-економічною системою і природною екосистемою, представлення даних на основі ІКЕС харчового підприємства стає перспективним підходом щодо оптимізації управлінського рішення. Під час роботи з екологічним портретом, за рахунок описаного мовою алгебри скінченних предикатів вектора екологічного стану, ОПР має можливість отримувати тільки необхідну та достатню інформацію для прийняття ефективного управлінського рішення, відповідно до поставленого завдання з екологічної безпеки. Окрім загального вектора екологічного стану ПТГС в цілому, багатовимірною моделлю представлення інформації дає змогу формувати вектори стану кожної із складових підсистем ІКЕС харчового підприємства: екологічної, економічної та соціальної.

Висновки

Отже, проведені дослідження підтвердили доцільність застосування багатовимірної моделі зберігання та відображення інформації про стан ПТГС харчового підприємства на основі технологій оперативної аналітичної обробки даних та з використанням мови алгебри скінченних предикатів як методу інтелектуального аналізу, що здатний враховувати та відображати багатофакторність екологічних процесів. Це дає змогу розглядати всю ієрархічну структуру компонентів, що характеризують стан довкілля та працювати ОПР із тим ступенем агрегації даних, який зручний в кожній конкретній ситуації.

У результаті досліджень:

- 1) представлена модель багатовимірного надання інформації, яка розроблена з метою підвищення ефективності вирішення науково-практичних завдань екологічної безпеки;
- 2) визначено спосіб формування вектора екологічного стану ПТГС харчового підприємства на основі багатовимірної інформаційної моделі.

Література

- Анищенко, Л. Я., Свердлов, Б. С., Писня, Л. А. (2009). Выбор экологически безопасного варианта судебного хода на основе многокритериальной комплексной оценки воздействий с применением экспертно-аналитических процедур. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*: зб. наук. праць УкрНДІЕП, 1, 38—60.
- Бондаренко, М. Ф., Шабанов-Кушнаренко, С. Ю., Шабанов-Кушнаренко, Ю. П. (2008). Про загальну теорію компараторної ідентифікації. *Біоніка інтелекту*, 2 (69), 13—22.
- Козуля, Т. В., Петрухін, С. Ю. (2007). Місце екологічного портрету території в інформаційному забезпеченні систем моніторингу. *Вестник Херсонского национального технического университета*, 4 (27), 230—233.

Козуля, Т. В. Петрухін, С. Ю. (2007). Корпоративна інформаційна система: концепція та структура. *Радиоелектроника и информатика*, 3(38), 87—91.

Мальований, С. В., Беденко, Л. Б., Зінченко, В. Д., Григор'єв, О. М. (2009). Небезпечні речовини та їх властивості: Довідник. Харків: ФВІП НТУ ХПІ.

Наказ № 457 від 11.10.2010 р. ДК 019:2010. Класифікатор надзвичайних ситуацій. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text>.

Петрухін, С. Ю. (2009). Напрями розробки інформаційної корпоративної екологічної системи військово-техногенних територій. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 6/5(42), 48—52.

Романченко, І. С., Лисенко, О. І., Чумаченко, С. М., Бутенко, С. Г., Турейчук, А. М. (2009). *Математичні моделі та інформаційні технології оцінки і прогнозування стану природного середовища випробувальних полігонів*. Монографія. Київ: МО України, ЦНДІ ЗС України.

Романченко, І. С., Лисенко, О. І., Чумаченко, С. М., Бутенко, С. Г., Борисюк, С. Л. (2011). Методологія побудови системи екологічної безпеки при застосуванні Збройних Сил України. *Наука і оборона*, 3, 57—64.

Чумаченко, С. М., Сорокін, А. М. (2009). *Формування вектора стану військової природно-техногенної геосистеми морських десантних полігонів із використанням системного підходу*. Теоретичні та прикладні аспекти моделювання соціоекологоекономічних процесів в економічній системі регіону на прикладі Міжнародного центру миротворчості та безпеки та Яворівської вільної економічної зони: перша наук.-практ. конф., 13—16 жовт. 2009 р. Київ: ДУІКТ.

Чумаченко, С. М., Парталян, А. С. (2018). Інформаційні технології в задачах управління екологічною безпекою військових об'єктів. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*, 29(68), 1, 15—20.

Чумаченко, С. М., Яковлев, Є. О., Пиріков, О. В., Парталян, А. С. (2022). Особливості реалізації мережі екологічного моніторингу бойових дій для Збройних Сил України. *Екологічна безпека та природокористування*, 2(42), 23—34.

Варламов, Е. Н. (2007). *Вопросы мониторинга окружающей природной среды на региональном уровне и его информационное обеспечение*. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: III міжнар. наук.-практ. конф. Харків: Райдер.

Bondarenko, M. F., Dudar, Z., Kushnarenko-Shabanov, Y. P., Chikin, V., Protsay, N. T., Cherkashin, V. (2005). Algebra of predicates and predicate operations. *Radioelectronics and Computer Science*, 1, 80—86.

Cempírek, M., Komár, A., Vincenec, V. (2013). The Basics of Environmental Security in Military Operations. *Vojenské rozhledy*, 22(1), 89—99.

Chumachenko, S. M. (2022). Application of the index-indicator approach for mathematical modeling of the influence of militarytechnogenic load on the ecological state of the components of the environment in the areas of combat operations. Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток. Колективна монографія за матеріалами XXI Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 14—16 листопада 2022 р.). Київ: ТОВ «Видавництво «Юстон».

Leitenberg, M. (2001). Biological weapons in the twentieth century: a review and analysis. *Crit. Rev. Microbiol.*, 27, 267—320.

Ganesan, K., Raza, S. K., Vijayaraghavan, R. (2010). Chemical warfare agents. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 2(3), 166—178.

Sharonova, N. V., Kozulia, T. V. (2008). Entropy as Substratum of identifying the Corporative Ecological system (CES) condition. *Вестник Херсонского национального технического университета*, 2(31), 518—527.

Posudin, Yu. (2014). *Methods of measuring environmental parameters*. Wiley & Sons.