

УДК 519.7:007.52; 519.711.3



І.Д. Вечірська, І.Е. Гончаров, Т.М. Хамітов

ХНУРЕ, м. Харків, Україна, ira\_se@list.ru

## ПОБУДОВА ЛОГІЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА УПРАВЛІННЯ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ

Статтю присвячено побудові математичної моделі на основі алгебри скінченних предикатів, яку було реалізовано у вигляді логічної мережі для діагностики та управління надзвичайними ситуаціями. Досліджено надзвичайні ситуації відносно їх визначення за типом і видом, та класифікації за зоною та рівнем розвитку щодо можливих варіантів вирішення. Наведено приклади роботи логічної мережі за тактами та її програмну реалізацію.

АЛГЕБРА СКІНЧЕННИХ ПРЕДИКАТИВ, ВІДНОШЕННЯ, ЛОГІЧНА МЕРЕЖА, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, НАДЗВИЧАЙНА СИТУАЦІЯ, ПРЕДМЕТНА ОБЛАСТЬ

### Вступ

В Україні щорічно виникають тисячі надзвичайних ситуацій, внаслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів гривень. Запобігти надзвичайним ситуаціям як природного, так і техногенного характеру, ліквідувати їх наслідки та знизити масштаби збитків на сьогоднішній день являється одними з найважливіших завдань органів управління на всіх рівнях.

Тенденція зростання кількості природних і особливо техногенних надзвичайних ситуацій, тяжкість їх наслідків змушують розглядати їх виникнення як складну проблему, для вирішення якої слід враховувати багато різних факторів, таких як класифікація за характером походження подій, в залежності від територіального поширення, обсягів збитків, кількості загиблих людей, способи вирішення НС відносно евакуації та укриття, інші [1].

Апарат математичної логіки є основою моделювання різноманітних об'єктів. Його інструментарій дозволяє розробляти методи вилучення та обробки знань для різних предметних областей, визначати та обґрунтовувати їх істинність. Проте існує ряд обмежень, які заважають застосовувати цей апарат для моделювання та програмування різноманітних об'єктів і процесів. Одним з них є частковість інформації про предметну область при формулюванні задачі (неповне задання області визначення) та недостатнє дослідження її структурованості [2].

Цю проблему можна вирішити за допомогою логічних мереж, інструментарій побудови яких належить алгебрі скінченних предикатів (АСП) [3–4]. Логічна мережа працює за принципами роботи мозку: законами логіки, що описуються основними тотожностями АСП, та обробляє інформацію будь-якого типу внаслідок універсальності алгебраїчного апарату.

Побудова логічної мережі передбачає насамперед глибокий аналіз вихідного відношення, що дозволяє структурувати інформацію про певну предметну область. Якщо розглянути деяке багатомісцеве відношення, то слід звернути увагу, що

кожна змінна області відправлення, (як і області прибуття), має свою область визначення і область значень. Складність формального опису полягає в тому, що необхідно враховувати всю ієрархію понять. Так, якщо задачею є побудова математичної моделі надзвичайних ситуацій, то недостатньо розглянути типи ситуацій, властиві їм ознаки та ряд можливих дій щодо врегулювання. Щоб отримати модель дійсно допомагала при діагностиці та керуванні надзвичайними ситуаціями, необхідно провести якомога глибший аналіз, дослідити всі можливі відношення між усіма виділеними предметними змінними та їх значеннями.

Зауважимо, що для побудови оптимальної математичної моделі необхідно дослідити всі можливі бінарні відношення. Це дозволить ввести допоміжні вузли для спрощення схеми та підвищити швидкість мережі [3, 5].

Отже, мета роботи – провести аналіз предметної області та за допомогою засобів алгебри скінченних предикатів побудувати відповідну математичну модель, а саме логічну мережу для діагностики та управління надзвичайними ситуаціями.

### 1. Класифікація природних та техногенних надзвичайних ситуацій

Постановою Кабінету Міністрів України в 1998 році було затверджено “Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій”, де за характером походження подій, які зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій (НС) на території України, розрізняють НС техногенного характеру, НС природного характеру, НС соціально-політичного характеру та НС воєнного характеру.

До НС техногенного характеру відносяться транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах.

До НС природного характеру відносяться небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні

морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери.

До НС соціально-політичного характеру, пов'язаних з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування відносять наступні: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об'єктів, ядерних установок і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікацій, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення зброї.

НС воєнного характеру пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок руйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнотоксичних отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій.

В залежності від територіального поширення, обсягів заподіяних або очікуваних економічних збитків, кількості людей, які загинули, розрізняють чотири рівня надзвичайних ситуацій:

– надзвичайна ситуація загальнодержавного рівня – це надзвичайна ситуація, яка розвивається на території двох та більше областей (Автономної Республіки Крим, міст Києва та Севастополя) або загрожує транскордонним перенесенням, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріали і технічні ресурси у обсягах, що перевищують власні можливості окремої області (Автономної Республіки Крим, міст Києва та Севастополя), але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету;

– надзвичайна ситуація регіонального рівня – це надзвичайна ситуація, яка розвивається на території двох або більше адміністративних районів (міст обласного значення), Автономної Республіки Крим, областей, міст Києва та Севастополя або загрожує перенесенням на територію суміжної області України, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості окремого району, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету;

– надзвичайна ситуація місцевого рівня – це надзвичайна ситуація, яка виходить за межі потенційно небезпечного об'єкта, загрожує поширенням самої ситуації або її вторинних наслідків на довкілля, сусідні населені пункти, інженерні споруди, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що пере-

вищують власні можливості потенційно небезпечного об'єкта, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету. До місцевого рівня також належать всі надзвичайні ситуації, які виникають на об'єктах житлово-комунальної сфери та інших, що не входять до затверджених переліків потенційно небезпечних об'єктів;

– надзвичайна ситуація об'єктового рівня – це надзвичайна ситуація, яка розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони.

Подальшу класифікацію природних та техногенних надзвичайних ситуацій можна здійснити за такими ознаками: загальна причина виникнення, вид прояву, сфера, наслідки, терміни та масштаб прояву.

## 2. Математичний опис процесу розподілу надзвичайних ситуацій

### 2.1. Визначення надзвичайної ситуації за типом і видом

Переходимо до формального опису процесу розподілу надзвичайних ситуацій (НС). З цієї метою введемо необхідні предметні змінні:  $x_1$  – тип НС,  $x_2$  – вид НС;  $x_1^П$  – природний тип НС;  $x_1^Т$  – техногенний тип НС;  $x_2^П$  – пожежа;  $x_2^О$  – обвал;  $x_2^Л$  – лавина;  $x_2^З$  – землетрус;  $x_2^Б$  – буря;  $x_2^Н$  – повінь;  $x_2^А$  – аварія.

Далі введемо змінну  $X$  – визначення надзвичайної ситуації за типом і видом. Для визначення надзвичайної ситуації  $X$  необхідно враховувати ознаки  $x_1$  та  $x_2$ . Тоді предикат визначення НС матиме вигляд:

$$X(x_1, x_2) = x_1^П x_2^П \vee x_1^П x_2^О \vee x_1^П x_2^Л \vee x_1^П x_2^З \vee x_1^П x_2^Б \vee x_1^П x_2^Н \vee x_1^Т x_2^П \vee x_1^Т x_2^П.$$

Для кожного диз'юнкту предикату визначення НС за типом та видом в парадигматичній таблиці 1 вводимо свій номер.

Таблиця 1

Парадигматична таблиця визначення НС

	Природні	Техногенні
Пожежа	$x_1^П x_2^П = q_1$	$x_1^Т x_2^П = q_7$
Обвал	$x_1^П x_2^О = q_2$	–
Лавина	$x_1^П x_2^Л = q_3$	–
Землетрус	$x_1^П x_2^З = q_4$	–
Буря	$x_1^П x_2^Б = q_5$	–
Повінь	$x_1^П x_2^Н = q_6$	–
Аварія	–	$x_1^Т x_2^П = q_8$

Далі виконуємо операцію почленної диз'юнкції якомога більшого числа споріднених рівностей та формуємо залежність номера впливу визначення від змінних  $x_1$  та  $x_2$  наступним чином:

$$\begin{aligned} (x_1^\Pi \vee x_1^\Gamma) x_2^\Pi &= q_1 \vee q_7 = X_1; \\ x_1^\Pi x_2^O &= q_2 = X_2; \\ x_1^\Pi x_2^Л &= q_3 = X_3; \\ x_1^\Pi x_2^З &= q_4 = X_4; \\ x_1^\Pi x_2^Б &= q_5 = X_5; \\ x_1^\Pi x_2^Н &= q_6 = X_6; \\ x_1^\Gamma x_2^\Pi &= q_8 = X_7. \end{aligned}$$

Спорідненими називаються такі вирази, які після виконання над ними операції почленної диз'юнкції призводять до рівності з лівою частиною у вигляді логічного добутку, кожен співмножник якого залежить лише від однієї предметної змінної. Мотивом, що спонукав виконати операцію почленної диз'юнкції, є прагнення отримати економну систему впливів визначень, в якій кожному впливу визначення НС відповідало б в точності одне ім'я.

Проведемо бінарizzaцію предикату, що зв'язує змінну  $X$  зі змінними  $x_1$  та  $x_2$ , та зобразимо у вигляді дводольних графів (рис. 1, 2):

$$\begin{aligned} P_1(x_1, X) &= x_1^\Pi (X_2 \vee X_3 \vee X_4 \vee X_5 \vee X_6) \vee x_1^\Gamma X_7 \vee \\ &\vee (x_1^\Pi \vee x_1^\Gamma) X_1; \\ P_2(x_2, X) &= x_2^\Pi X_1 \vee x_2^O X_2 \vee x_2^Л X_3 \vee x_2^З X_4 \vee x_2^Б X_5 \vee \\ &\vee x_2^Н X_6 \vee x_2^А X_7. \end{aligned}$$

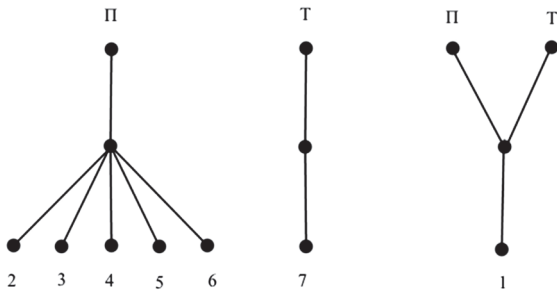


Рис. 1. Дводольні графи  $X$  та  $x_1$

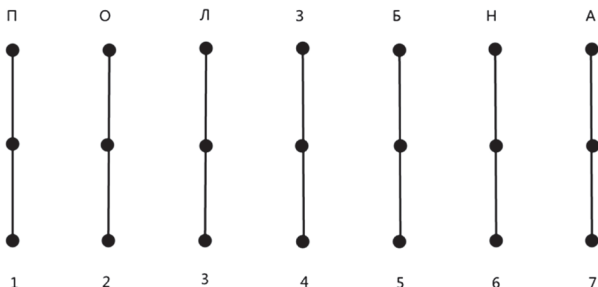


Рис. 2. Дводольні вектори  $X$  та  $x_2$

### 2.2. Класифікація надзвичайної ситуації за зоною та рівнем розвитку

Позначимо далі  $Y$  – класифікація НС,  $y_1$  – зона розвитку НС,  $y_2$  – рівень розвитку НС;  $y_1^\Pi$  – локальна зона;  $y_1^M$  – місцева зона;  $y_1^\Gamma$  – територіальна(районна) зона;  $y_1^P$  – регіональна

зона;  $y_1^O$  – обласна зона;  $y_2^B$  – раптовий рівень розвитку;  $y_2^C$  – стрімкий рівень розвитку;  $y_2^Y$  – помірний рівень розвитку.

Тоді предикат класифікації НС за зоною та рівнем розвитку матиме вигляд:

$$\begin{aligned} Y &= y_1^\Pi y_2^B \vee y_1^M y_2^B \vee y_1^\Gamma y_2^B \vee y_1^O y_2^B \vee y_1^\Pi y_2^C \vee \\ &\vee y_1^M y_2^C \vee y_1^\Gamma y_2^C \vee y_1^P y_2^C \vee y_1^O y_2^C \vee y_1^\Pi y_2^Y \vee y_1^M y_2^Y \vee \\ &\vee y_1^\Gamma y_2^Y \vee y_1^P y_2^Y \vee y_1^O y_2^Y. \end{aligned}$$

Парадигматична таблиця класифікації НС за зоною та рівнем розвитку (табл. 2) відображає всі можливі НС відносно рівня розвитку НС та його зони розвитку.

Таблиця 2

Парадигматична таблиця класифікації НС

	Раптовий	Стрімкий	Помірний
Локальна	$y_1^\Pi y_2^B$	$y_1^\Pi y_2^C$	$y_1^\Pi y_2^Y$
Місцева	$y_1^M y_2^B$	$y_1^M y_2^C$	$y_1^M y_2^Y$
Територіальна	$y_1^\Gamma y_2^B$	$y_1^\Gamma y_2^C$	$y_1^\Gamma y_2^Y$
Регіональна	$y_1^P y_2^B$	$y_1^P y_2^C$	$y_1^P y_2^Y$
Обласна	$y_1^O y_2^B$	$y_1^O y_2^C$	$y_1^O y_2^Y$

Далі виконуємо операцію почленної диз'юнкції та формуємо відповідні залежності:

$$\begin{aligned} y_1^\Pi y_2^B &= Y_1; y_1^\Pi y_2^C = Y_2; y_1^\Pi y_2^Y = Y_3; \\ y_1^M y_2^B &= Y_4; y_1^M y_2^C = Y_5; y_1^M y_2^Y = Y_6; \\ y_1^\Gamma y_2^B &= Y_7; y_1^\Gamma y_2^C = Y_8; y_1^\Gamma y_2^Y = Y_9; \\ y_1^P y_2^B &= Y_{10}; y_1^P y_2^C = Y_{11}; y_1^P y_2^Y = Y_{12}; \\ y_1^O y_2^B &= Y_{13}; y_1^O y_2^C = Y_{14}; y_1^O y_2^Y = Y_{15}. \end{aligned}$$

Проведемо бінарizzaцію предикату  $Y$ , що відображає відношення між змінними  $y_1$  та  $y_2$ , та зобразимо у вигляді дводольного графу (рис. 3):

$$P_3(Y) = (y_1^\Pi \vee y_1^M \vee y_1^\Gamma \vee y_1^P \vee y_1^O) (y_2^B \vee y_2^C \vee y_2^Y).$$

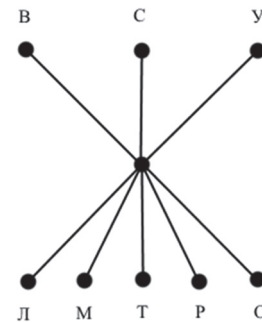


Рис. 3. Дводольний граф  $Y$

### 2.3 Вирішення надзвичайної ситуації відносно способів евакуації та сховища

Нехай  $Z_\Omega$  – вирішення НС способом евакуації,  $Z_Y$  – вирішення НС способом сховища;  $z_1$  – спосіб евакуації,  $z_2$  – тимчасовий показник евакуації,  $z_3$  – призначення евакуації,  $z_4$  – призначення сховища,  $z_5$  – тип сховища;  $z_1^\Pi$  – піший

спосіб евакуації,  $z_1^T$  – транспортний спосіб евакуації,  $z_2^B$  – швидкий час евакуації,  $z_2^C$  – середній час евакуації,  $z_2^Y$  – тривалий час евакуації,  $z_3^Y$  – попереджуюча евакуація,  $z_3^O$  – екстрена евакуація,  $z_4^I$  – сховище майна,  $z_4^L$  – сховище людей,  $z_5^O$  – відкритий тип сховища,  $z_5^3$  – закритий тип сховища.

Парадигматична таблиця вирішення НС відносно способу сховища та способу евакуації (табл. 3, 4) відображає всі можливі варіанти розв’язку НС відносно способу сховища та способу евакуації.

Таблиця 3

Парадигматична таблиця вирішення НС відносно евакуації

	Швидкий	Середній	Тривалий
Піший	$z_1^П z_2^B z_3^Y = g_1$ $z_1^П z_2^B z_3^O = g_2$	-	-
Транспортний	$z_1^T z_2^B z_3^Y = g_3$ $z_1^T z_2^B z_3^O = g_4$	$z_1^T z_2^C z_3^O = g_5$	$z_1^T z_2^П z_3^O = g_6$

Таблиця 4

Парадигматична таблиця вирішення НС відносно сховища

	Майно	Люди
Відкритий	$z_4^I z_5^O = g_7$	$z_4^L z_5^O = g_9$
Закритий	$z_4^I z_5^3 = g_8$	$z_4^L z_5^3 = g_{10}$

Виконуємо операцію почленної диз’юнкції та формуємо залежності:

$$Z_9 = z_1^П z_2^B z_3^Y \vee z_1^П z_2^B z_3^O \vee z_1^T z_2^B z_3^Y \vee z_1^T z_2^B z_3^O \vee z_1^T z_2^C z_3^O \vee z_1^T z_2^П z_3^O;$$

$$Z_Y = z_4^I z_5^O \vee z_4^I z_5^3 \vee z_4^L z_5^O \vee z_4^L z_5^3.$$

Проводимо бінаризацію:

$$P_4(z_1, Z_9) = z_1^П Z_9^2 \vee z_1^T (Z_9^3 \vee Z_9^4 \vee Z_9^5) \vee (z_1^П \vee z_1^T) Z_9^1;$$

$$P_5(z_2, Z_9) = z_2^B (Z_9^1 \vee Z_9^2 \vee Z_9^3) \vee z_2^C Z_9^4 \vee z_2^П Z_9^5;$$

$$P_6(z_3, Z_9) = z_3^Y Z_9^1 \vee z_3^O (Z_9^2 \vee Z_9^3 \vee Z_9^4 \vee Z_9^5);$$

$$P_7(z_4, Z_Y) = z_4^I (Z_Y^1 \vee Z_Y^2) \vee z_4^L (Z_Y^3 \vee Z_Y^4);$$

$$P_8(z_5, Z_Y) = z_5^O (Z_Y^1 \vee Z_Y^3) \vee z_5^3 (Z_Y^2 \vee Z_Y^4).$$

Відповідні дводольні граfi зображено на рис. 4.

**3. Побудова математичної моделі вирішення надзвичайної ситуації відносно її визначення за типом і видом та класифікації за зоною та рівнем розвитку**

Після проведення формального опису змінних  $X$ ,  $Y$ ,  $Z_9$  та  $Z_Y$ , необхідно дослідити зв’язок між ними.

Проводимо бінаризацію:

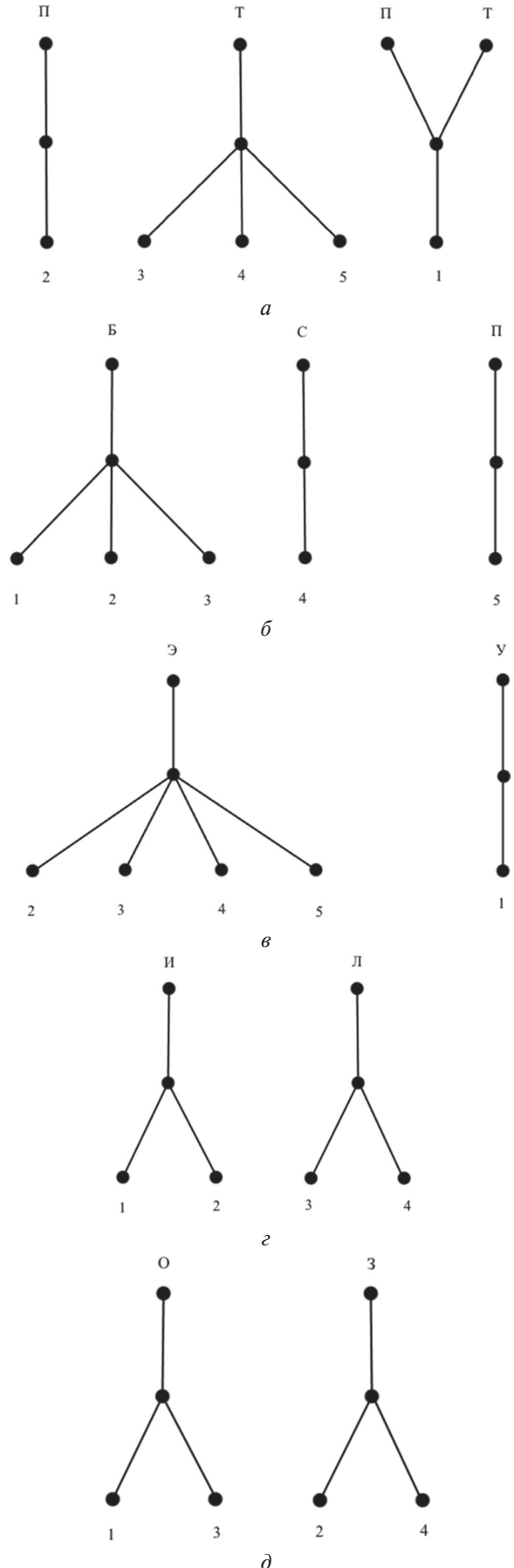


Рис. 4. Дводольні граfi: а –  $Z_9$  та  $z_1$ ; б –  $Z_9$  та  $z_2$ ; в –  $Z_9$  та  $z_3$ ; з –  $Z_Y$  та  $z_4$ ; д –  $Z_Y$  та  $z_5$

$$P_9(X, Y) = x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} (y_1^{\text{Л}} \vee y_1^{\text{М}} \vee y_1^{\text{Т}} \vee y_1^{\text{Р}} \vee y_1^{\text{О}}) \vee$$

$$\vee x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} (y_1^{\text{Л}} \vee y_1^{\text{М}}) \vee x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} (y_1^{\text{Л}} \vee y_1^{\text{М}} \vee y_1^{\text{Т}} \vee y_1^{\text{Р}}) \vee$$

$$\vee x_1^{\Pi} x_2^3 (y_1^{\text{Л}} \vee y_1^{\text{М}} \vee y_1^{\text{Т}} \vee y_1^{\text{Р}} \vee y_1^{\text{О}}) \vee$$

$$\vee x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} (y_1^{\text{Л}} \vee y_1^{\text{М}} \vee y_1^{\text{Т}} \vee y_1^{\text{Р}} \vee y_1^{\text{О}}) \vee$$

$$\vee x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} (y_1^{\text{Л}} \vee y_1^{\text{М}} \vee y_1^{\text{Т}} \vee y_1^{\text{Р}} \vee y_1^{\text{О}}) \vee$$

$$\vee x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} (y_1^{\text{Л}} \vee y_1^{\text{М}}) \vee$$

$$\vee x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} (y_1^{\text{Л}} \vee y_1^{\text{М}} \vee y_1^{\text{Т}} \vee y_1^{\text{Р}} \vee y_1^{\text{О}}).$$

Дводольний граф зв'язку між предикатами  $X$  та  $Y$  зображено на рисунку 5.

Проводимо бінарізацію:

$$P_{10}(X, Z) = x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} (z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}} \vee z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\Pi} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}} \vee$$

$$\vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}}) \vee$$

$$\vee x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} (z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}} \vee z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\Pi} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}) \vee x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} \wedge$$

$$\wedge (z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}} \vee z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\Pi} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}} \vee$$

$$\vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}) \vee x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} (z_1^{\Pi} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}) \vee$$

$$\vee x_1^{\Pi} x_2^3 (z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}}) \vee x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} (z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}} \vee$$

$$\vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}) \vee x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} \vee (z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}}) \vee$$

$$\vee x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} (z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}} \vee z_1^{\text{Т}} z_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}}).$$

Дводольний граф зв'язку між предикатами  $X$  та  $Z_9$  зображено на рисунку 6.

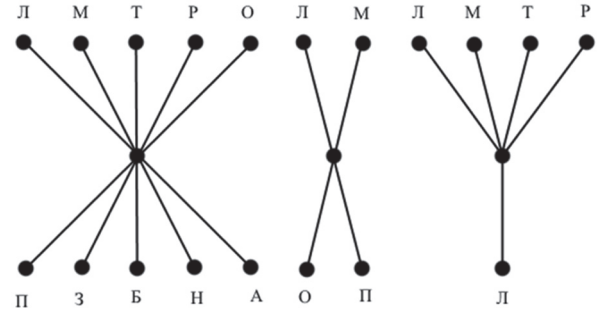


Рис. 5. Дводольний граф зв'язку між  $X$  та  $Y$

Таблиця 5

Парадигматична таблиця зв'язку між  $X$  та  $Y$

	Природні						Техногенні	
	Пожежа	Обвал	Лавина	Земл.	Буря	Повінь	Пожежа	Аварія
Локал.	$x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} y_1^{\text{Л}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} y_1^{\text{Л}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} y_1^{\text{Л}}$	$x_1^{\Pi} x_2^3 y_1^{\text{Л}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} y_1^{\text{Л}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} y_1^{\text{Л}}$	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} y_1^{\text{Л}}$	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} y_1^{\text{Л}}$
Місц.	$x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} y_1^{\text{М}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} y_1^{\text{М}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} y_1^{\text{М}}$	$x_1^{\Pi} x_2^3 y_1^{\text{М}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} y_1^{\text{М}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} y_1^{\text{М}}$	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} y_1^{\text{М}}$	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} y_1^{\text{М}}$
Терит.	$x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} y_1^{\text{Т}}$	-	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} y_1^{\text{Т}}$	$x_1^{\Pi} x_2^3 y_1^{\text{Т}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} y_1^{\text{Т}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} y_1^{\text{Т}}$	-	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} y_1^{\text{Т}}$
Регіон.	$x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} y_1^{\text{Р}}$	-	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} y_1^{\text{Р}}$	$x_1^{\Pi} x_2^3 y_1^{\text{Р}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} y_1^{\text{Р}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} y_1^{\text{Р}}$	-	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} y_1^{\text{Р}}$
Обл.	$x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} y_1^{\text{О}}$	-	-	$x_1^{\Pi} x_2^3 y_1^{\text{О}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} y_1^{\text{О}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} y_1^{\text{О}}$	-	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} y_1^{\text{О}}$

Таблиця 6

Парадигматична таблиця зв'язку між  $X$  та  $Z_9$

	Спосіб	Час	Призначення	$P(X, Z_9)$
Пожежа	$x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_1^{\Pi}; x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_1^{\text{Т}};$ $x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} z_1^{\Pi}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_2^{\text{Б}}; x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_2^{\text{С}};$ $x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_2^{\text{Э}}; x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} z_2^{\text{Б}};$ $x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} z_2^{\text{С}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_3^{\text{У}}; x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}};$ $x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} z_3^{\text{У}}; x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}}; x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}};$ $x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_1^{\Pi} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}};$ $x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}};$ $x_1^{\Pi} x_2^{\Pi} z_1^{\text{Т}} z_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}};$ $x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\text{Т}} x_2^{\Pi} z_1^{\Pi} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}$
Обвал	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_1^{\Pi}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_1^{\text{Т}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_2^{\text{Б}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_2^{\text{С}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_3^{\text{У}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_3^{\text{Э}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}};$ $x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_1^{\Pi} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}};$ $x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{О}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}$
Лавина	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} z_1^{\Pi}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} z_1^{\text{Т}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} z_2^{\text{С}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} z_3^{\text{У}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} z_3^{\text{Э}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} z_1^{\Pi} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{Л}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}$
Землетрус	$x_1^{\Pi} x_2^3 z_1^{\text{Т}}$	$x_1^{\Pi} x_2^3 z_2^{\text{С}}; x_1^{\Pi} x_2^3 z_2^{\Pi}$	$x_1^{\Pi} x_2^3 z_3^{\text{Э}}$	$x_1^{\Pi} x_2^3 z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\Pi} x_2^3 z_1^{\text{Т}} z_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}}$
Буря	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} z_1^{\text{Т}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} z_2^{\text{Б}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} z_2^{\text{С}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}};$ $x_1^{\Pi} x_2^{\text{Б}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}$
Повінь	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} z_1^{\text{Т}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} z_2^{\text{С}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} z_2^{\Pi}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} z_3^{\text{Э}}$	$x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\Pi} x_2^{\text{Н}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}}$
Аварія	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_1^{\Pi}; x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_1^{\text{Т}}$	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_2^{\text{Б}}; x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_2^{\text{С}};$ $x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_2^{\Pi}$	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_3^{\text{У}}; x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_3^{\text{Э}}$	$x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{У}}; x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_1^{\Pi} z_2^{\text{Б}} z_3^{\text{Э}};$ $x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_1^{\Pi} z_2^{\text{С}} z_3^{\text{Э}}; x_1^{\text{Т}} x_2^{\text{А}} z_1^{\text{Т}} z_2^{\Pi} z_3^{\text{Э}}$

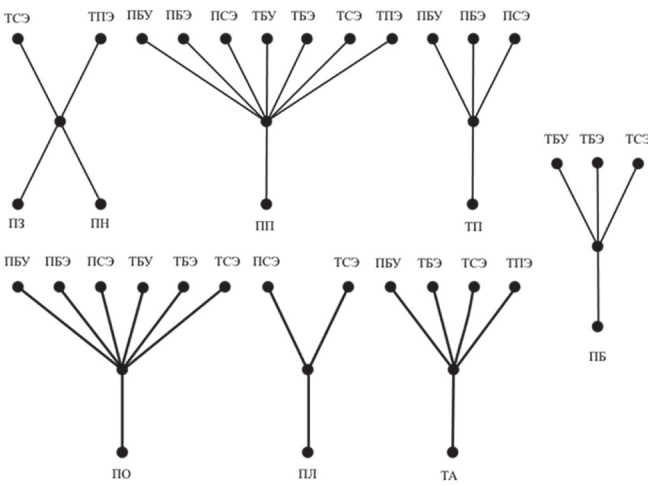


Рис. 6. Двродольний граф зв'язку між  $X$  та  $Z_9$

Проводимо бінарізацію:

$$P_{11}(Y, Z_9) = z_1^П z_2^Б z_3^Y (y_1^Л y_2^В \vee y_1^Л y_2^Y \vee y_1^М y_2^Б \vee y_1^М y_2^Y) \vee z_1^Т z_2^С z_3^Э (y_1^М y_2^С \vee y_1^Т y_2^В \vee y_1^Т y_2^С \vee y_1^Т y_2^Y \vee y_1^П y_2^Y) \vee z_1^Т z_2^П z_3^Э (y_1^П y_2^Б \vee y_1^П y_2^С \vee y_1^О y_2^В \vee y_1^О y_2^С \vee y_1^О y_2^Y) \vee z_1^Т z_2^Б z_3^Э y_1^Л y_2^С.$$

Двродольний граф зв'язку між предикатами  $Y$  та  $Z_9$  зображено на рисунку 7.

Проводимо бінарізацію:

$$P_{12}(X, Z_y) = (x_1^П x_2^О \vee x_1^П x_2^Л \vee x_1^П x_2^Н) (z_4^И z_5^О \vee z_4^И z_5^З \vee z_4^Л z_5^О \vee z_4^Л z_5^З) \vee x_1^П x_2^Б (z_4^И z_5^З \vee z_4^Л z_5^З) \vee x_1^Т x_2^А (z_4^Л z_5^О \vee z_4^Л z_5^З) \vee x_1^П x_2^З z_4^Л z_5^З.$$

Двродольний граф зв'язку між предикатами  $X$  та  $Z_y$  зображено на рисунку 8.

Таблиця 7

Парадигматична таблиця зв'язку між  $Y$  та  $Z_9$

$y_1$	$y_2$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$P(Y, Z_9)$
Локальна	р	$y_1^Л y_2^Б z_1^П$	$y_1^Л y_2^Б z_2^Б$	$y_1^Л y_2^Б z_3^Y$	$y_1^Л y_2^Б z_1^П z_2^Б z_3^Y$
	с	$y_1^Л y_2^С z_1^Т$	$y_1^Л y_2^С z_2^Б$	$y_1^Л y_2^С z_3^Э$	$y_1^Л y_2^С z_1^Т z_2^Б z_3^Э$
	п	$y_1^Л y_2^Y z_1^П$	$y_1^Л y_2^Y z_2^Б$	$y_1^Л y_2^Y z_3^Y$	$y_1^Л y_2^Y z_1^П z_2^Б z_3^Y$
Місцева	р	$y_1^М y_2^Б z_1^П$	$y_1^М y_2^Б z_2^Б$	$y_1^М y_2^Б z_3^Y$	$y_1^М y_2^Б z_1^П z_2^Б z_3^Y$
	с	$y_1^М y_2^С z_1^Т$	$y_1^М y_2^С z_2^С$	$y_1^М y_2^С z_3^Э$	$y_1^М y_2^С z_1^Т z_2^С z_3^Э$
	п	$y_1^М y_2^# z_1^П$	$y_1^М y_2^Y z_2^Б$	$y_1^М y_2^Y z_3^Y$	$y_1^М y_2^Y z_1^П z_2^Б z_3^Y$
Територіальна	р	$y_1^Т y_2^Б z_1^Т$	$y_1^Т y_2^Б z_2^С$	$y_1^Т y_2^Б z_3^Э$	$y_1^Т y_2^Б z_1^Т z_2^С z_3^Э$
	с	$y_1^Т y_2^С z_1^Т$	$y_1^Т y_2^С z_2^С$	$y_1^Т y_2^С z_3^Э$	$y_1^Т y_2^С z_1^Т z_2^С z_3^Э$
	п	$y_1^Т y_2^Y z_1^Т$	$y_1^Т y_2^Y z_2^С$	$y_1^Т y_2^Y z_3^Э$	$y_1^Т y_2^Y z_1^Т z_2^С z_3^Э$
Регіональна	р	$y_1^П y_2^Б z_1^Т$	$y_1^П y_2^Б z_2^П$	$y_1^П y_2^Б z_3^Э$	$y_1^П y_2^Б z_1^Т z_2^П z_3^Э$
	с	$y_1^П y_2^С z_1^Т$	$y_1^П y_2^С z_2^П$	$y_1^П y_2^С z_3^Э$	$y_1^П y_2^С z_1^Т z_2^П z_3^Э$
	п	$y_1^П y_2^Y z_1^Т$	$y_1^П y_2^Y z_2^С$	$y_1^П y_2^Y z_3^Э$	$y_1^П y_2^Y z_1^Т z_2^С z_3^Э$
Обласна	р	$y_1^О y_2^Б z_1^Т$	$y_1^О y_2^Б z_2^П$	$y_1^О y_2^Б z_3^Э$	$y_1^О y_2^Б z_1^Т z_2^П z_3^Э$
	с	$y_1^О y_2^С z_1^Т$	$y_1^О y_2^С z_2^П$	$y_1^О y_2^С z_3^Э$	$y_1^О y_2^С z_1^Т z_2^П z_3^Э$
	п	$y_1^О y_2^Y z_1^Т$	$y_1^О y_2^Y z_2^П$	$y_1^О y_2^Y z_3^Э$	$y_1^О y_2^Y z_1^Т z_2^П z_3^Э$

Таблиця 8

Парадигматична таблиця зв'язку між  $X$  та  $Z_y$

	$z_4$	$z_5$	$P(X, Z_y)$
Пожежа	-	-	-
Обвал	$x_1^П x_2^О z_4^И ; x_1^П x_2^О z_4^Л$	$x_1^П x_2^О z_5^О ; x_1^П x_2^О z_5^З$	$x_1^П x_2^О z_4^И z_5^О ; x_1^П x_2^О z_4^И z_5^З ; x_1^П x_2^О z_4^Л z_5^О ; x_1^П x_2^О z_4^Л z_5^З$
Лавина	$x_1^П x_2^Л z_4^И ; x_1^П x_2^Л z_4^Л$	$x_1^П x_2^Л z_5^О ; x_1^П x_2^Л z_5^З$	$x_1^П x_2^Л z_4^И z_5^О ; x_1^П x_2^Л z_4^И z_5^З ; x_1^П x_2^Л z_4^Л z_5^О ; x_1^П x_2^Л z_4^Л z_5^З$
Землетрус	$x_1^П x_2^З z_4^Л$	$x_1^П x_2^З z_5^З$	$x_1^П x_2^З z_4^Л z_5^З$
Буря	$x_1^П x_2^Б z_4^И ; x_1^П x_2^Б z_4^Л$	$x_1^П x_2^Б z_5^З$	$x_1^П x_2^Б z_4^И z_5^З ; x_1^П x_2^Б z_4^Л z_5^З$
Повінь	$x_1^П x_2^Н z_4^И ; x_1^П x_2^Н z_4^Л$	$x_1^П x_2^Н z_5^О ; x_1^П x_2^Н z_5^З$	$x_1^П x_2^Н z_4^И z_5^О ; x_1^П x_2^Н z_4^И z_5^З ; x_1^П x_2^Н z_4^Л z_5^О ; x_1^П x_2^Н z_4^Л z_5^З$
Аварія	$x_1^Т x_2^А z_4^Л$	$x_1^Т x_2^А z_5^О ; x_1^Т x_2^А z_5^З$	$x_1^Т x_2^А z_4^Л z_5^О ; x_1^Т x_2^А z_4^Л z_5^З$

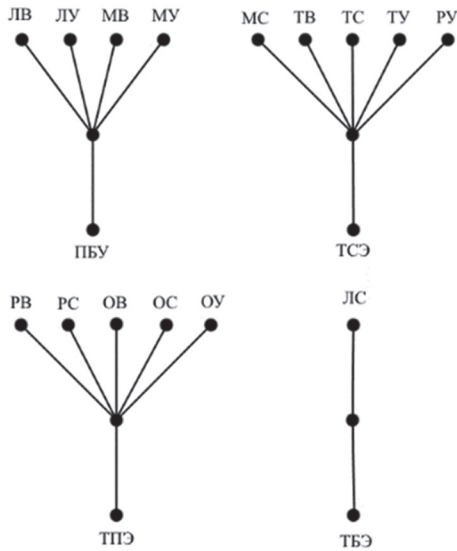


Рис. 7. Дводольний граф зв'язку між  $Y$  та  $Z_3$

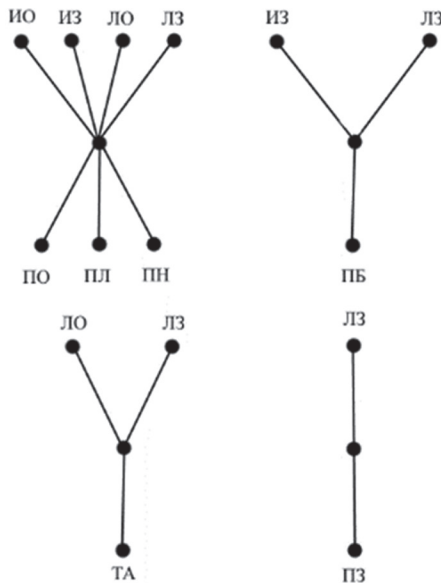


Рис. 8. Дводольний граф зв'язку між  $X$  та  $Z_3$

Проводимо бінаризацію:

$$P_{13}(Y, Z_y) = (z_4^I z_5^O \vee z_4^I z_5^3)(y_1^L y_2^B \vee y_1^L y_2^Y \vee y_1^M y_2^B \vee y_1^M y_2^Y \vee y_1^T y_2^Y) \vee (z_4^L z_5^O \vee z_4^L z_5^3) \vee (y_1^L y_2^C \vee y_1^M y_2^C \vee y_1^T y_2^B \vee y_1^T y_2^C \vee y_1^P y_2^B \vee y_1^P y_2^C \vee y_1^P y_2^Y \vee y_1^O y_2^B \vee y_1^O y_2^C \vee y_1^O y_2^Y).$$

Дводольний граф зв'язку між предикатами  $Y$  та  $Z_y$  зображено на рисунку 9.

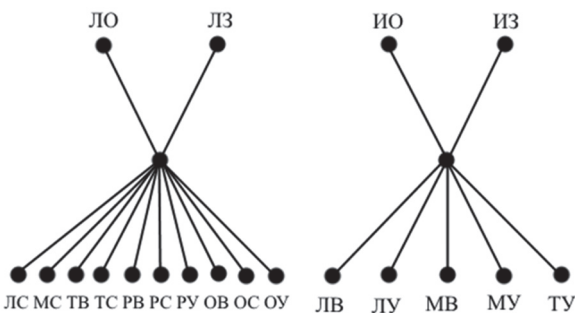


Рис. 9. Дводольний граф зв'язку між  $Y$  та  $Z_y$

Таблиця 9

Парадигматична таблиця зв'язку між  $Y$  та  $Z_y$

$Y_1$	$Y_2$	$z_4$	$z_5$	$P(Y, Z_y)$
Локальна	р	$y_1^L y_2^B z_4^I$	-	$y_1^L y_2^B z_4^I z_5^O ; y_1^L y_2^B z_4^I z_5^3$
	с	$y_1^L y_2^C z_4^L$	-	$y_1^L y_2^C z_4^L z_5^O ; y_1^L y_2^C z_4^L z_5^3$
	п	$y_1^L y_2^Y z_4^I$	-	$y_1^L y_2^Y z_4^I z_5^O ; y_1^L y_2^Y z_4^I z_5^3$
Місцева	р	$y_1^M y_2^B z_4^I$	-	$y_1^M y_2^B z_4^I z_5^O ; y_1^M y_2^B z_4^I z_5^3$
	с	$y_1^M y_2^C z_4^L$	-	$y_1^M y_2^C z_4^L z_5^O ; y_1^M y_2^C z_4^L z_5^3$
	п	$y_1^M y_2^Y z_4^I$	-	$y_1^M y_2^Y z_4^I z_5^O ; y_1^M y_2^Y z_4^I z_5^3$
Територ.	р	$y_1^T y_2^B z_4^L$	-	$y_1^T y_2^B z_4^L z_5^O ; y_1^T y_2^B z_4^L z_5^3$
	с	$y_1^T y_2^C z_4^L$	-	$y_1^T y_2^C z_4^L z_5^O ; y_1^T y_2^C z_4^L z_5^3$
	п	$y_1^T y_2^Y z_4^I$	-	$y_1^T y_2^Y z_4^I z_5^O ; y_1^T y_2^Y z_4^I z_5^3$
Регіон.	р	$y_1^P y_2^B z_4^L$	-	$y_1^P y_2^B z_4^L z_5^O ; y_1^P y_2^B z_4^L z_5^3$
	с	$y_1^P y_2^C z_4^L$	-	$y_1^P y_2^C z_4^L z_5^O ; y_1^P y_2^C z_4^L z_5^3$
	п	$y_1^P y_2^Y z_4^L$	-	$y_1^P y_2^Y z_4^L z_5^O ; y_1^P y_2^Y z_4^L z_5^3$
Обласна	р	$y_1^O y_2^B z_4^L$	-	$y_1^O y_2^B z_4^L z_5^O ; y_1^O y_2^B z_4^L z_5^3$
	с	$y_1^O y_2^C z_4^L$	-	$y_1^O y_2^C z_4^L z_5^O ; y_1^O y_2^C z_4^L z_5^3$
	п	$y_1^O y_2^Y z_4^L$	-	$y_1^O y_2^Y z_4^L z_5^O ; y_1^O y_2^Y z_4^L z_5^3$

#### 4. Побудова логічної мережі

В попередніх розділах статті було проведено всю підготовчу роботу для побудови математичної моделі вирішення надзвичайних ситуацій відносно її визначення за типом і видом, та класифікації за зоною та рівнем розвитку. Модель буде характеризуватись системою бінарних відношень, які можна представити дводольними графами або ж формулами відповідних предикатів. Далі для завершення побудови залишається тільки об'єднати всі бінарні предикати. Таким чином, отримуємо предикат моделі:

$$P(x_1, x_2, X, y_1, y_2, Y, z_1, z_2, z_3, Z_\Theta, z_4, z_5, Z_y) = P_1(x_1, X) \wedge P_2(x_2, X) \wedge P_3(Y) \wedge P_4(z_1, Z_\Theta) \wedge P_5(z_2, Z_\Theta) \wedge P_6(z_3, Z_\Theta) \wedge P_7(z_4, Z_y) \wedge P_8(z_5, Z_y) \wedge P_9(X, Y) \wedge P_{10}(X, Z_\Theta) \wedge P_{11}(Y, Z_\Theta) \wedge P_{12}(X, Z_y) \wedge P_{13}(Y, Z_y).$$

Предикату моделі відповідає відношення моделі, що зв'язує між собою предметні змінні  $x_1, x_2, Y_1, Y_2, z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, X, Y, Z_\Theta, Z_y$ . Відношення моделі  $P$  можна наочно зобразити у вигляді мережі, яку називають логічною. Логічну мережу можна побудувати для будь-якої моделі. У нашому конкретному випадку отримуємо логічну мережу для діагностики та управління надзвичайними ситуаціями. Її зображено на рис. 10.

Розглянемо загальні принципи побудови логічної мережі [3, 5-6]. Кожній моделі відповідає своя логічна мережа. Будь-яка логічна мережа складається з полюсів і гілок. Кожному полюсу логічної мережі ставиться у відповідність своя

предметна змінна моделі, яка називається атрибутом цього полюсу. Кожен полюс позначається своєю предметною змінною. З кожним полюсом пов'язуємо його домен, тобто область зміни атрибуту цього полюса. Будь-який полюс логічної мережі в кожен момент часу несе якість знання про значення свого атрибуту. Це знання називається станом полюса і є однією з підмножин домену полюса. Вказуючи стан всіх полюсів мережі в даний момент часу, отримуємо стан мережі в той же момент часу.

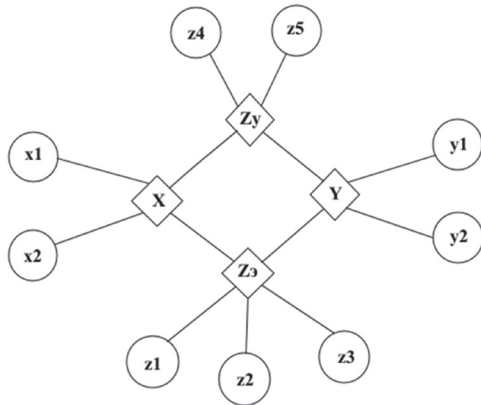


Рис. 10. Логічна мережа для діагностики та управління НС

Області зміни всіх предметних змінних для мережі діагностики надзвичайних ситуацій було неявно охарактеризовано раніше. Тепер ми їх перерахуємо в явному вигляді. Область зміни змінної  $x_1$  позначаємо символом  $A_1$ , маємо:

$$\begin{aligned} x_1 - A_1 &= \{П, Т\}; x_2 - A_2 = \{П, О, Л, З, Б, Н, А\}; \\ y_1 - A_3 &= \{Л, М, Т, Р, С\}; y_2 - A_4 = \{В, С, У\}; \\ z_1 - A_5 &= \{П, Т\}; z_2 - A_6 = \{Б, С, П\}; \\ z_3 - A_7 &= \{У, Э\}; z_4 - A_8 = \{И, Л\}; z_5 - A_9 = \{О, З\}; \\ X - A_{10} &= \{1, 2, \dots, 8\}; Y - A_{11} = \{1, 2, \dots, 15\}; \\ Z_3 - A_{12} &= \{ПБУ, ПБЭ, ТБУ, ТБЭ, ТСЭ, ТПЭ\}; \\ Z_y - A_{13} &= \{ИО, ИЗ, ЛО, ЛЗ\}. \end{aligned} \quad (3.14)$$

Кожній гілці логічної мережі ставиться у відповідність своє бінарне відношення моделі, яке називається відношенням цієї гілки. Кожна гілка позначається номером свого відношення. Вона з'єднує два полюси, що відповідають тим предметним змінним, які зв'язуються відношенням, відповідним даній гілці. Наприклад, гілка 1 відповідає відношенню  $P_1(x_1, X)$ , тому вона з'єднує полюси  $x_1$  і  $X$ . Всього в побудованій нами мережі є 13 полюсів і 13 гілок. Полюси мережі діляться на два класи – зовнішні і внутрішні. Кожен зовнішній полюс з'єднаний лише з однією гілкою, кожен внутрішній – більш, ніж з однією. У побудованій нами мережі до зовнішніх відносяться полюси, помічені предметними змінними  $x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2, z_3, z_4, z_5$ , до внутрішніх –  $X, Y, Z_3, Z_y$ .

Зовнішні полюси мережі було об'єднано в три групи:

- 1)  $x_1, x_2$ ;
- 2)  $y_1, y_2$ ;
- 3)  $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5$ .

До першої групи входять полюси, помічені тими предметними змінними, значення яких характеризують визначення НС за типом і видом. У другу групу входять полюси, що характеризують класифікацію НС за зоною та рівнем розвитку. У третю групу входять полюси, які характеризують вирішення НС відносно її визначення за типом і видом, та класифікації за зоною та рівнем розвитку.

Кожну логічну мережу можна перетворити на електронну схему для автоматичного рішення будь-якого класу задач, що визначається тією моделлю, для якої було побудовано дану мережу. Її можна виготовити у вигляді надшвидкодуючої карти, що здійснює паралельну обробку інформації. Ця карта встановлюється на материнській платі персонального комп'ютера. У міру потреби програми, що керує роботою комп'ютера, звертається до тієї чи іншої карти, яка за частки мікросекунди формує відповідь на той чи інший її запит. Таким чином, персональний комп'ютер з машини послідовної дії перетворюється на машину послідовно-паралельної дії. Паралельно діюча частина комп'ютера буде представлена батареєю карт, а послідовно діюча його частина – програмою, керуючою роботою цих карт. При цьому досягається значне підвищення продуктивності комп'ютера.

### 5. Робота логічної мережі

Мережу призначено для розв'язання системи рівнянь відповідної моделі. У модель вирішення НС відносно її визначення за типом і видом, та класифікації за зоною та рівнем розвитку входить 13 рівнянь, кожне з яких пов'язує дві певні змінні. Аналітично (тобто оперуючи з формулами) можна вирішити будь-яку систему рівнянь алгебри предикатів, що характеризує дану модель. При цьому можна задавати будь-яке знання про значення будь-яких предметних змінних і отримувати знання про значення будь-яких інших предметних змінних.

Ефективність роботи мережі здебільшого визначається правильним вибором методу синтезу архітектури логічної мережі для заданої задачі та вибором лінійних логічних перетворень для кожної з гілок. Економність електронної реалізації логічної мережі та лаконічність подання знань, які вона формує для кожної з задач, в значній мірі визначається вибором методу синтезу схем для кожної з її гілок.

Кожному полюсу реляційної логічної мережі ставиться у відповідність своя предметна змінна. З кожним полюсом пов'язана область значень змінної цього полюса. Будь-який полюс (вузол) реляційної мережі в будь-який момент часу несе якість знання про значення змінної (під знаннями розуміємо множину значень, які може набувати змінна

в фіксований момент часу). Іншими словами, ці знання можна назвати станом полюса. Якщо зафіксувати стани усіх полюсів, отримаємо систему логічних рівнянь. Реляційна логічна мережа призначена для розв'язання системи рівнянь, які описують роботу мережі у всіх гілках.

Кожному полюсу відповідає своя предметна змінна  $x_i$  з областю визначення  $M_i$ , ( $i = \overline{1, m}$ ). Пара полюсів  $x_i$  і  $y_j$ , які з'єднує гілка  $K_{ij}(x_i, y_j)$ , на першому етапі можна формалізувати у вигляді лінійного логічного перетворення

$$\exists x_i \in M_i (K_{ij}(x_i, y_j) \wedge P_i(x_i)) = Q_{j_{\max}}(y_j).$$

На другому етапі:

$$\exists y_j \in N_j (K_{ij}(x_i, y_j) \wedge P_j(y_j)) = Q_{i_{\min}}(x_i).$$

Лінійно-логічне перетворення мережі здійснює роботу операторів на першому етапі, якщо в мережі діють лише оператори з рівняння (1). Аналогічно визначають другий етап. Мережа відшукує розв'язання рівняння

$$K(x_1, \dots, x_m) = 1$$

з обмеженнями, які накладаються на область значень змінних  $x_i$ , ( $i = \overline{1, m}$ ),  $x_i \in P_i$ , де  $P_i \subseteq A_i$ . Якщо розв'язання рівняння відшукують за складніших обмежень  $L(x_1, \dots, x_m) = 1$ , то мережу добудовують таким чином, щоб вона відповідала рівнянню  $K' = 1$ , де  $K' = KL$ .

Розглянемо роботу побудованої логічної мережі для діагностики та управління надзвичайними ситуаціями за тактами:

Початковий стан мережі:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \{П, Т\}; x_2 \in \{П, О, Л, З, Б, Н, А\}; \\ y_1 &\in \{Л, М, Т, Р, С\}; y_2 \in \{В, С, У\}; \\ z_1 &\in \{П, Т\}; z_2 \in \{Б, С, П\}; z_3 \in \{У, Э\}; \\ z_4 &\in \{И, Л\}; z_5 \in \{О, З\}; X \in \{1, 2, \dots, 8\}; Y \in \{1, 2, \dots, 15\}; \\ Z_3 &\in \{ПБУ, ПБЭ, ТБУ, ТБЭ, ТСЭ, ТПЭ\}; \\ Z_y &\in \{ИО, ИЗ, ЛО, ЛЗ\}. \end{aligned}$$

Перший такт

Перший напівтакт. Нехай на початку роботи відомі такі значення:

$$x_2 \in \{А\}; y_1 \in \{М\}; y_2 \in \{С\}.$$

Другий напівтакт. Перетин множин. У результаті отримуємо стан мережі на початку другого такту:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \{П, Т\}; x_2 \in \{А\}; y_1 \in \{М\}; y_2 \in \{С\}; \\ z_1 &\in \{П, Т\}; z_2 \in \{Б, С, П\}; z_3 \in \{У, Э\}; \\ z_4 &\in \{И, Л\}; z_5 \in \{О, З\}; X \in \{1, 2, \dots, 8\}; Y \in \{1, 2, \dots, 15\}; \quad (3.20) \\ Z_3 &\in \{ПБУ, ПБЭ, ТБУ, ТБЭ, ТСЭ, ТПЭ\}; \\ Z_y &\in \{ИО, И, ЛО, ЛЗ\}. \end{aligned}$$

Другий такт.

Перший напівтакт. Рухаємося від полюсу  $x_2$  до полюсу  $X$  ( $x_2 \rightarrow X$ ). З відношення  $P_2$  отримуємо:  $X \in \{8\}$ .

Рухаємося в напрямку  $y_1 \rightarrow Y$ , отримуємо  $P_3 = \{4, 5, 6\}$ .

Рухаємося в напрямку  $y_2 \rightarrow Y$ , отримуємо  $P_3 = \{2, 5, 8, 11, 14\}$ .

Другий напівтакт. Перетин множин.

Стан мережі на початку третього такту:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \{П, Т\}; x_2 \in \{А\}; y_1 \in \{М\}; y_2 \in \{С\}; \\ z_1 &\in \{П, Т\}; z_2 \in \{Б, С, П\}; z_3 \in \{У, Э\}; z_4 \in \{И, Л\}; \\ z_5 &\in \{О, З\}; X \in \{8\}; Y \in \{5\}; \\ Z_3 &\in \{ПБУ, ПБЭ, ТБУ, ТБЭ, ТСЭ, ТПЭ\}; \\ Z_y &\in \{ИО, ИЗ, ЛО, ЛЗ\}. \end{aligned}$$

Третій такт.

Перший напівтакт.

Рухаючись у напрямку  $X \rightarrow x_1$ , отримуємо  $P_1 = \{Т\}$ .

Рухаючись у напрямку  $X \rightarrow Z_3$ , отримуємо  $P_{10} = \{ПБУ, ТБЭ, ТСЭ, ТПЭ\}$ .

Рухаючись у напрямку  $X \rightarrow Z_y$ , отримуємо  $P_{12} = \{ЛО, ЛЗ\}$ .

Рухаючись у напрямку  $Y \rightarrow Z_3$ , отримуємо  $P_{11} = \{ТСЭ\}$ .

Рухаючись у напрямку  $Y \rightarrow Z_y$ , отримуємо  $P_{13} = \{ЛО\}$ .

Другий напівтакт. Перетин множин.

Стан мережі на початку четвертого такту:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \{Т\}; x_2 \in \{А\}; y_1 \in \{М\}; y_2 \in \{С\}; \\ z_1 &\in \{П, Т\}; z_2 \in \{Б, С, П\}; z_3 \in \{У, Э\}; \\ z_4 &\in \{И, Л\}; z_5 \in \{О, З\}; X \in \{8\}; Y \in \{5\}; \\ Z_3 &\in \{ТСЭ\}; Z_y \in \{ЛО\}. \end{aligned}$$

Четвертий такт.

Перший напівтакт.

Рухаючись у напрямку  $Z_3 \rightarrow z_1$ , отримуємо  $P_4 = \{Т\}$ .

Рухаючись у напрямку  $Z_3 \rightarrow z_2$ , отримуємо  $P_5 = \{С\}$ .

Рухаючись у напрямку  $Z_3 \rightarrow z_3$ , отримуємо  $P_6 = \{Э\}$ .

Рухаючись у напрямку  $Z_y \rightarrow z_4$ , отримуємо  $P_7 = \{Л\}$ .

Рухаючись у напрямку  $Z_y \rightarrow z_5$ , отримуємо  $P_7 = \{О\}$ .

Другий напівтакт. Перетин множин.

Стан мережі на початку п'ятого такту:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \{Т\}; x_2 \in \{А\}; y_1 \in \{М\}; y_2 \in \{С\}; z_1 \in \{Т\}; \\ z_2 &\in \{С\}; z_3 \in \{Э\}; z_4 \in \{Л\}; z_5 \in \{О\}; X \in \{8\}; \\ Y &\in \{5\}; Z_3 \in \{ТСЭ\}; Z_y \in \{ЛО\}. \end{aligned}$$

Мережа відшукала однозначні значення всіх предметних змінних. У наступних тактах стан мережі вже не змінюється. Саме цей факт служить сигналом до припинення роботи мережі [5].

### 6. Програмна реалізація логічної мережі для дослідження її роботи

Було розроблено програмну реалізацію для дослідження роботи побудованої логічної мережі. Для її реалізації було обрано веб-середовище розробки – HTML5, CSS3, MySQL 5.1, PHP 5.5.

Для отримання результату роботи логічної мережі, необхідно користуватись наступною інструкцією: для введення відомих вхідних даних необхідно ввести як мінімум 2 значення; далі проводиться пошук у логічній мережі за тактами та виведення результату на основі проведеного пошуку.

Інтерфейс розробленої веб-сторінки представлений на рисунку 11. На формі веб-сторінки ми бачимо поля для введення даних. Необхідно заповнити щонайменш 2 поля для знаходження певного результату роботи логічної мережі. Користувачеві надається можливість вписати ті дані, які поступили, але згідно з областю зміни предметних змінних мережі. Для перевірки на згідність потрібно навести курсором на необхідне текстове поле, та за декілька секунд з'явиться інформація про поле. При введенні усіх необхідних даних натисніть «Найти решение».

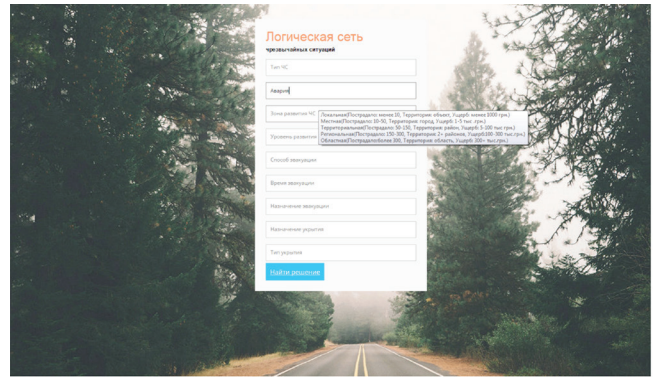


Рис. 11. Заповнення полів форми

Для правильного заповнення форми, після натиску «Найти решение», ми робимо запит до бази даних, в результаті якого відшукується необхідне рішення за введеними даними. На рисунку 12 зображено схему розробленої бази даних.

Після знаходження розв'язку на веб-сторінці з формою з'явиться вікно, у якому буде відображатись певний текст та змінні, які ми отримали під час пошуку у базі даних. Результат роботи програми можна побачити на рисунку 13.

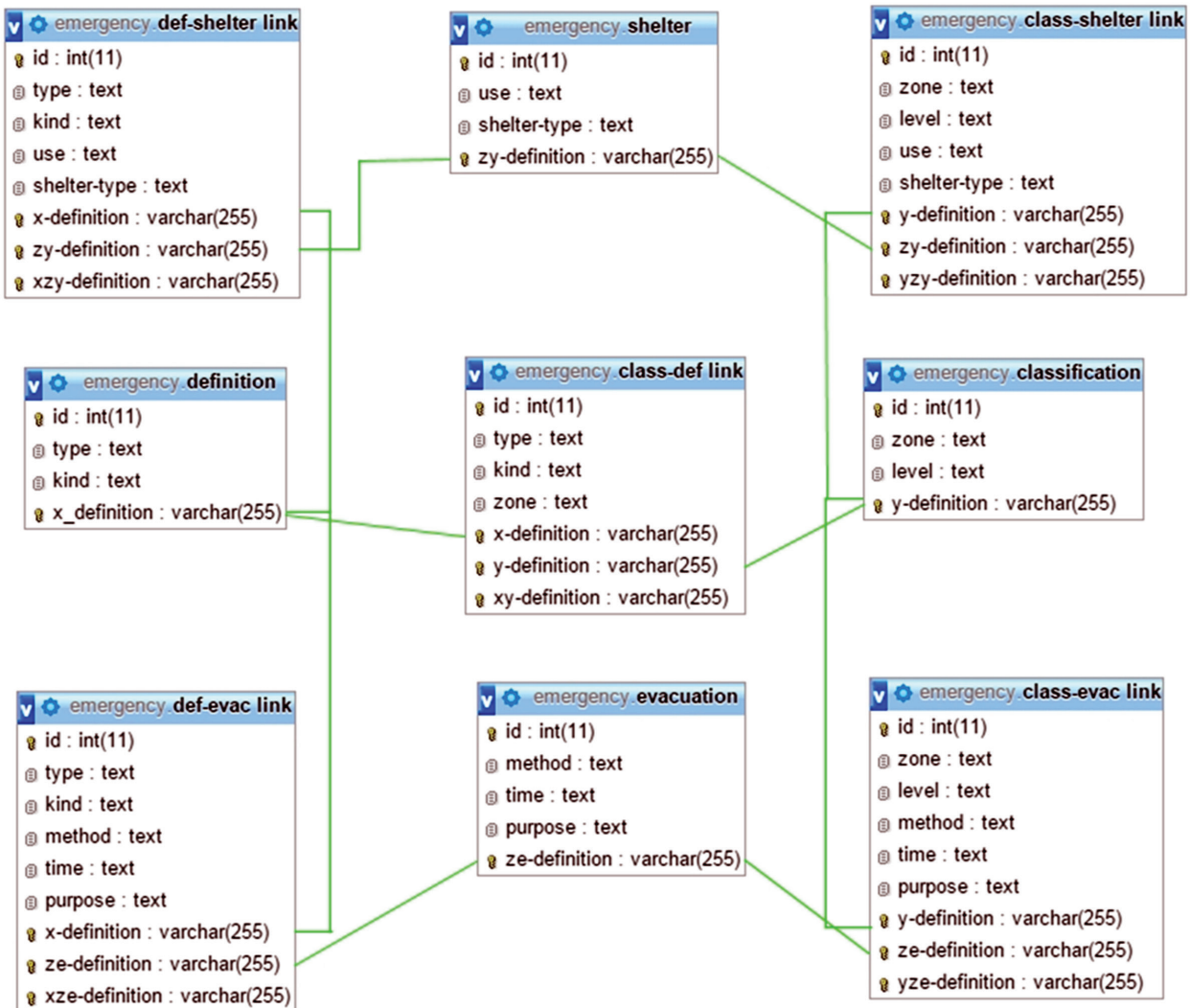


Рис. 12. Схема бази даних

