

МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ МАЙБУТНІХ ПОДІЙ НА ОСНОВІ СЕМАНТИЧНИХ МЕРЕЖ ТА СИТУАЦІЙНОЇ ЛОГІКИ

Макуха М.П.

ННК «Інститут прикладного системного аналізу» НТУУ «КПІ», м. Київ

В роботі обґрунтовано можливість автоматизованої процедури побудови сценаріїв майбутніх подій на прикладі впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення населення окремої країни. Реалізація заснована на використанні прямого логічного виведення із застосуванням семантичних мереж та апарату ситуаційної логіки.

In this paper a possibility of automatic future events' scenarios creation is substantiated given an example of food prices influencing social unrest in a country. Realization is based on direct logical inference using semantic networks and situational logic apparatus.

Ключові слова: сценарний аналіз, ситуаційна семантика, семантичні мережі.

Вступ

Потреба у побудові сценаріїв майбутніх подій часто виникає при розв'язанні міждисциплінарних задач системного аналізу складних систем і процесів різної природи, що функціонують в умовах невизначеності та неповноти інформації [1]. Побудова сценаріїв майбутніх подій є завершальним етапом системної методології технологічного передбачення і дозволяє поєднати викладену в хронологічному порядку різномірну кількісну та якісну інформацію з результатами застосування кількісних та якісних методів. Сценарії майбутніх подій є важливим джерелом інформації, необхідної для прийняття обґрунтованих рішень щодо подальшого розвитку складних систем та процесів. З огляду на високу складність представлення та автоматизованої обробки різномірної інформації, що формує тіло сценаріїв, їх побудова здійснюється на основі людино-машинної платформи сценарного аналізу [2].

В даній роботі обґрунтовується можливість підходу до автоматизованого формування сценаріїв майбутніх подій, що дозволяє знизити вплив суб'єктивного фактору в процесі написання сценаріїв та мінімізувати помилки та неточності, які неминує виникають в процесі обробки людиною великої кількості різномірної інформації (наприклад, неврахування важливих зв'язків між елементами досліджуваної системи, порушення причинно-наслідкових зв'язків та ін.). Даний підхід ґрунтується на використанні в процесі створення сценаріїв майбутніх подій математичного апарату ситуаційної семантики та представлення інформації у вигляді семантичних мереж. Для обґрунтування можливості практичного застосування підходу запропоновано процедуру побудови сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення. Побудовано сценарії зміни соціальної обстановки для двох гіпотетичних країн з високим та низьким рівнем економічного розвитку для різних варіантів впливу зовнішніх факторів.

Моделювання сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення здійснюється в чотири етапи. На *першому етапі* описується предметна область та будується семантична модель досліджуваної системи (в даному модельному прикладі, довільної країни світу) з урахуванням зовнішніх факторів. На *другому етапі* формулюються початкові умови та альтернативні сценарії зміни інтенсивності зовнішніх факторів. На *третьому етапі* для заданих початкових умов з урахуванням зовнішніх факторів будуються сценарії впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення. На *четвертому етапі* проводиться аналіз побудованих сценаріїв та здійснюється їх інтерпретація з позиції особи, що приймає рішення в даній предметній області.

Ситуаційна семантика використовується на перших трьох етапах для опису моделі досліджуваної системи, початкових умов та прогнозів і дозволяє будувати та зберігати в межах єдиної бази знань протирічні сценарії розвитку майбутніх подій. Семантичні мережі використовуються для представлення знань щодо структури моделі і початкових умов для кожного сценарію, а також дають можливість явно сформулювати інформаційну модель досліджуваної системи у вигляді правил виведення.

Ситуаційна семантика, або ситуаційна логіка (situational logic), є формальною логічною теорією, запропонованою для формалізованого представлення інформації, сформульованою природною мовою в 1980 році математиком Й. Барвайзом (Jon Barwise) та розвинутою ним сумісно з філософом Дж. Перрі (John Perry) та іншими дослідниками [3]. На відміну від існуючих на той час логічних систем, явне введення до формальної частини логічної системи поняття *ситуація* дозволило оперувати частковими описами аспектів реального світу та зберігати в базі знань і використовувати в процедурах логічного виведення множини протирічних фактів та висловлювань. Ситуаційна логіка успішно застосовується в інфор-

маційних системах для аналізу і формалізованого представлення висловлювань природної мови і пропонує розвинений апарат моделювання альтернативних та прогнозованих станів реального світу.

Ключовим поняттям ситуаційної логіки є *ситуація* – деяка “частина” реального світу, щодо якої відома будь-яка інформація. Інформація описується за допомогою n -арних відношень, або предикатів, що формують *інфони* – кортежі вигляду $\langle R, a_1, \dots, a_n, p \rangle$, де R – символ відповідного відношення, a_1, \dots, a_n – значення аргументів відношення, $p \in \{0,1\}$ – полярність інфону. Інфони можна комбінувати за допомогою кон’юнкції, диз’юнкції, дужок та приєднання кванторів існування та загальності; така комбінація інфонів є також інфоном. Висловленням ситуаційної логіки є формули вигляду $s \models \sigma$, де s – деяка ситуація, а σ – інфон. Така формула означає, що в ситуації s має місце σ . Одними з найважливіших елементів ситуаційної логіки є абстрактні ситуації та обмежуючі умови (constraints). *Абстрактна ситуація* визначається формулами вигляду $[s \mid s \models \sigma]$, де s – параметр абстракції, σ – інфон, який також може містити параметри. *Обмежуючі умови* (constraints) формуються парою абстрактних ситуацій: $C = (S_1 \Rightarrow S_2)$, і можуть виконувати роль правил виведення: з наявності ситуації типу S_1 слідує наявність ситуації типу S_2 .

Семантичні мережі (semantic networks) застосовуються для побудови інформаційної моделі предметної області у вигляді семантичних графів і використовуються для опису семантичних відношень між об’єктами різної природи. Прототипом семантичних мереж вважають екзистенційні графи Ч. Пірса (Charles Peirce), запропоновані ним в 1906 р. для графічного представлення логічних висловлювань [4]. Семантичні мережі в сучасному вигляді були запропоновані в 1956 р. Р. Річенсом (Richard Richens) для машинного перекладу текстів [5]. Семантичні мережі використовуються для представлення різномірної інформації в розподілених базах знань і є основою парадигми Інтернету 3-го покоління (Web 3.0) – Семантичної Павутини (Semantic Web), запропонованої Т. Бернерсом-Лі та ін. (Tim Berners-Lee) [6].

В даній роботі ситуаційна семантика використовується в якості теоретичної основи моделювання сценаріїв, в той час як апарат семантичних мереж надає можливість гнучкого представлення інформації у вигляді, придатному для машинної обробки та здійснення логічного виведення. Формування сценаріїв здійснюється процесором прямого логічного виведення, заснованого на правилах (rule-based inference engine) CWM (Closed World Machine) [7].

Модель впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення

Для побудови сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення в даній роботі пропонується модель, яка описує зв’язки між сімома внутрішніми показниками – рівнем суспільного невдоволення в країні, рівнем економічного розвитку країни, рівнями споживання, виробництва та імпорту продуктів харчування, потенціалом виробництва та рівнем державної підтримки, – та двома зовнішніми факторами – погодними умовами та рівнем цін на продукти харчування.

Перелічені показники описуються за допомогою відповідних відношень: “рівень суспільного невдоволення”, “рівень споживання”, “рівень виробництва”, “рівень імпорту”, “потенціал виробництва” задані на декартовому добутку множини значень {“низький”, “середній”, “високий”}, країн та моментів часу; відношення “рівень державної підтримки” задане на декартовому добутку множини значень {“низький”, “високий”}, країн та моментів часу; відношення “рівень цін” задане на декартовому добутку множини значень {“низький”, “середній”, “високий”} та моментів часу; відношення “погодні умови” задане на декартовому добутку множини значень {“несприятливі”, “сприятливі”} та моментів часу; відношення “рівень економічного розвитку” задане на декартовому добутку множини значень {“низький”, “середній”, “високий”} та країн світу.

Зв’язки між показниками моделі формалізуються у вигляді імплікацій ситуаційної семантики і розкриваються нижченаведеними залежностями (1)–(6). Зауважимо, що зміна показників моделі у часі та, відповідно, розгортання сценаріїв у хронологічному порядку забезпечується імплікаціями (5) та (6).

$$[s \mid s \models \langle \text{рівень_економічного_розвитку}, x_1, c, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_споживання}, x_2, c, t, 1 \rangle] \Rightarrow [s \mid s \models \langle \text{рівень_суспільного_невдоволення}, f_{\text{суп}}(x_1, x_2), c, t, 1 \rangle], \quad (1)$$

$$[s \mid s \models \langle \text{рівень_виробництва}, x_1, c, t, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_імпорту}, x_2, c, t, 1 \rangle] \Rightarrow [s \mid s \models \langle \text{рівень_споживання}, f_{\text{спож}}(x_1, x_2), c, t, 1 \rangle], \quad (2)$$

$$[s \mid s \models \langle \text{рівень_виробництва}, x_1, c, t, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_державної_підтримки}, x_2, c, t, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін}, x_3, t, 1 \rangle] \Rightarrow [s \mid s \models \langle \text{рівень_імпорту}, f_{\text{імп}}(x_1, x_2, x_3), c, t, 1 \rangle], \quad (3)$$

$$[s \mid s \models \langle \text{потенціал_виробництва}, x_1, c, t, 1 \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови}, x_2, t, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін}, x_3, t, 1 \rangle] \Rightarrow [s \mid s \models \langle \text{рівень_виробництва}, f_{\text{вир}}(x_1, x_2, x_3), c, t, 1 \rangle], \quad (4)$$

$$[s \mid s \models \langle \text{рівень_економічного_розвитку}, x_1, c, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_виробництва}, x_2, c, t-1, 1 \rangle] \Rightarrow [s \mid s \models \langle \text{потенціал_виробництва}, f_{\text{пот}}(x_1, x_2), c, t, 1 \rangle], \quad (5)$$

$$[s \mid s \models \langle \text{рівень_економічного_розвитку}, x_1, c, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_суспільного_невдоволення}, x_2, c, t-1, 1 \rangle] \Rightarrow [s \mid s \models \langle \text{рівень_державної_підтримки}, f_{\text{держ}}(x_1, x_2), c, t, 1 \rangle]. \quad (6)$$

Значення функціоналів $f_{\text{сусп}}$, $f_{\text{спож}}$, $f_{\text{імп}}$, $f_{\text{вир}}$, $f_{\text{пот}}$, $f_{\text{держ}}$, що входять до імплікацій (1)–(6), задаються у вигляді таблиць 1–6.

Залежності (1)–(6) між показниками моделі проілюстровано на рис. 1. Вершини графу, зображеного на рисунку, позначають відповідні показники; один показник з'єднаний направленою дугою з іншим, якщо в одній з імплікацій (1)–(6) інфон з першим показником входить до антецеденту, а з другим – до консеквенту.

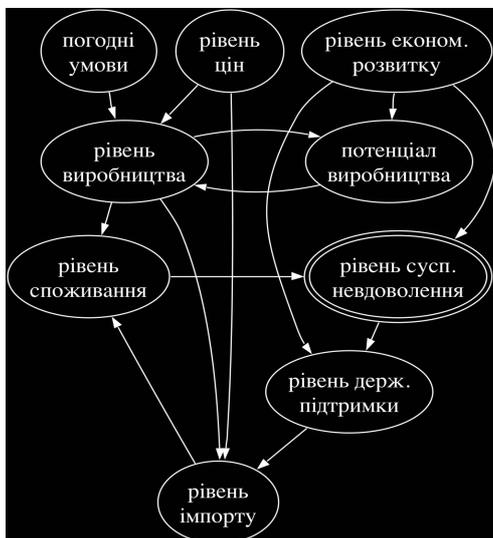


Рис. 1 – Зв'язки між показниками моделі, заданої залежностями (1)–(6)

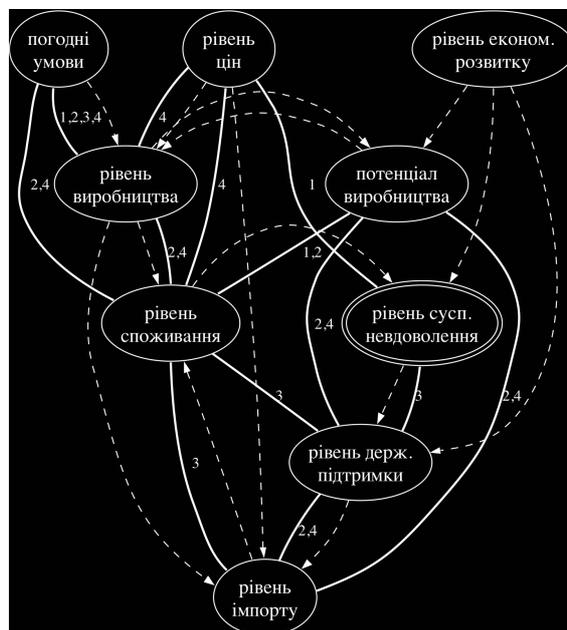


Рис. 2 – Зв'язки між показниками моделі (1)–(6) з високим абсолютним значенням коефіцієнта рангової кореляції Спірмена (для сценаріїв s_1, s_2, s_3, s_4)

Таблиця 1 – Значення рівня суспільного невдоволення $f_{\text{сусп}}(x_1, x_2)$ в залежності від рівня економічного розвитку країни (x_1) та рівня споживання продуктів харчування (x_2)

x_1	x_2		
	“низький”	“середній”	“високий”
“низький”	“середній”	“низький”	“низький”
“середній”	“високий”	“середній”	“низький”
“високий”	“високий”	“середній”	“низький”

Таблиця 2 – Значення рівня споживання продуктів харчування $f_{\text{спож}}(x_1, x_2)$ в залежності від рівня їх виробництва (x_1) та імпорту (x_2)

x_1	x_2		
	“низький”	“середній”	“високий”
“низький”	“низький”	“низький”	“середній”
“середній”	“низький”	“середній”	“високий”
“високий”	“середній”	“високий”	“високий”

Таблиця 3 – Значення рівня імпорту продуктів харчування $f_{\text{імп}}(x_1, x_2, x_3)$ в залежності від рівня їх виробництва (x_1), рівня державної підтримки населення (x_2) та рівня цін на продукти харчування (x_3)

x_1	x_2	x_3		
		“низький”	“середній”	“високий”
“низький”	“низький”	“високий”	“високий”	“середній”
“низький”	“високий”	“високий”	“високий”	“високий”
“середній”	“низький”	“середній”	“середній”	“низький”
“середній”	“високий”	“високий”	“середній”	“середній”
“високий”	“низький”	“середній”	“низький”	“низький”
“високий”	“високий”	“середній”	“середній”	“середній”

Таблиця 4 – Значення рівня виробництва продуктів харчування $f_{\text{вир}}(x_1, x_2, x_3)$ в залежності від потенціалу виробництва (x_1), погодних умов (x_2) та рівня цін на продукти харчування (x_3)

x_1	x_2	x_3		
		“низький”	“середній”	“високий”
“низький”	“несприятливі”	“низький”	“низький”	“низький”
“низький”	“сприятливі”	“низький”	“низький”	“середній”
“середній”	“несприятливі”	“низький”	“низький”	“середній”
“середній”	“сприятливі”	“середній”	“середній”	“високий”
“високий”	“несприятливі”	“низький”	“середній”	“середній”
“високий”	“сприятливі”	“середній”	“високий”	“високий”

Таблиця 5 – Значення потенціалу виробництва продуктів харчування $f_{\text{пот}}(x_1, x_2)$ в залежності від рівня економічного розвитку країни (x_1) та попереднього рівня виробництва продуктів харчування (x_2)

x_1	x_2		
	“низький”	“середній”	“високий”
“низький”	“низький”	“середній”	“середній”
“середній”	“середній”	“середній”	“високий”
“високий”	“середній”	“високий”	“високий”

Таблиця 6 – Значення рівня державної підтримки населення $f_{\text{держ}}(x_1, x_2)$ в залежності від рівня економічного розвитку країни (x_1) та рівня суспільного невдоволення в її межах у попередньому році (x_2)

x_1	x_2		
	“низький”	“середній”	“високий”
“низький”	“низький”	“низький”	“високий”
“середній”	“низький”	“низький”	“високий”
“високий”	“високий”	“високий”	“високий”

Початкові умови для моделювання сценаріїв

В даній роботі модель (1)–(6) використовується для побудови чотирьох сценаріїв s_1, s_2, s_3, s_4 впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення для двох гіпотетичних країн: c_A – з низьким рівнем економічного розвитку і c_B – з високим. Сценарії моделюються на часовому проміжку з 2005 по 2010 роки з множиною моментів часу $\{2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010\}$, оскільки для визначення значень деяких показників у 2005 р. необхідно знати їх значення в 2004 р.

Оскільки, як видно на рис. 1, запропонована модель не передбачає можливості впливу на зовнішні фактори (рівень цін та погодні умови), значення цих показників на всьому проміжку моментів часу $\{2004, \dots, 2010\}$ повинні бути задані в якості початкових умов. Розглядаються два альтернативних сценарія зміни інтенсивності зовнішніх факторів. Використовуючи апарат ситуаційної семантики, початкові умови формулюються як початкові ситуації $s_A, s_B, s_{\text{рц1}}, s_{\text{рц2}}, s_{\text{пу1}}, s_{\text{пу2}}$ у вигляді висловлювань (7)–(12):

$$s_A = \langle \text{рівень_економічного_розвитку, “низький”, } c_A, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_виробництва, “середній”, } c_A, 2004, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_суспільного_невдоволення, “низький”, } c_A, 2004, 1 \rangle, \quad (7)$$

$$s_B = \langle \text{рівень_економічного_розвитку, “високий”, } c_B, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_виробництва, “середній”, } c_B, 2004, 1 \rangle \wedge \langle \text{рівень_суспільного_невдоволення, “низький”, } c_B, 2004, 1 \rangle, \quad (8)$$

$$s_{\text{рц1}} = \langle \text{рівень_цін, “низький”, 2004, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “середній”, 2005, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “високий”, 2006, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “високий”, 2007, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “високий”, 2008, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “середній”, 2009, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “середній”, 2010, 1} \rangle, \quad (9)$$

$$s_{\text{рц2}} = \langle \text{рівень_цін, “низький”, 2004, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “середній”, 2005, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “високий”, 2006, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “високий”, 2007, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “середній”, 2008, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “середній”, 2009, 1} \rangle \wedge \langle \text{рівень_цін, “низький”, 2010, 1} \rangle, \quad (10)$$

$$s_{\text{пу1}} = \langle \text{погодні_умови, “сприятливі”, 2004, 1} \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови, “несприятливі”, 2005, 1} \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови, “несприятливі”, 2006, 1} \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови, “сприятливі”, 2007, 1} \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови, “сприятливі”, 2008, 1} \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови, “сприятливі”, 2009, 1} \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови, “несприятливі”, 2010, 1} \rangle, \quad (11)$$

$$s_{\text{пу2}} = \langle \text{погодні_умови, “сприятливі”, 2004, 1} \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови, “несприятливі”, 2005, 1} \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови, “сприятливі”, 2006, 1} \rangle \wedge \langle \text{погодні_умови, “сприятливі”, 2007, 1} \rangle \wedge$$

$$\wedge \langle \langle \text{погодні_умови, "несприятливі"}, 2008, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{погодні_умови, "несприятливі"}, 2009, 1 \rangle \rangle \wedge \langle \langle \text{погодні_умови, "несприятливі"}, 2010, 1 \rangle \rangle. \quad (12)$$

Виділяються дві групи початкових умов: ситуації s_A і s_B описують внутрішній стан країн c_A і c_B , а ситуації $s_{pц1}$, $s_{pц2}$, $s_{пy1}$, $s_{пy2}$ – вплив зовнішніх факторів. При цьому два альтернативних сценарія впливу зовнішніх факторів задаються як $s_{01} = s_{pц1} \cap s_{пy1}$, $s_{02} = s_{pц2} \cap s_{пy2}$, а зв'язок початкових умов з результируючими сценаріями s_1, s_2, s_3, s_4 задається наступним співвідношенням:

$$s_1 \subset s_A \cap s_{pц1} \cap s_{пy1}, \quad s_2 \subset s_B \cap s_{pц1} \cap s_{пy1}, \quad s_3 \subset s_A \cap s_{pц2} \cap s_{пy2}, \quad s_4 \subset s_B \cap s_{pц2} \cap s_{пy2}. \quad (13)$$

Аналіз сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення

Застосовуючи до початкових умов сценаріїв (7)–(13) правила виведення (1)–(6), за допомогою логічного виведення [7] ситуації s_1, s_2, s_3, s_4 розширюються за рахунок інфонів з антецедентів правил виведення. Оскільки використовується пряме виведення, результируючі сценарії містять максимально можливу кількість інформації, що може бути виведена.

Всі відношення досліджуваної моделі, за винятком відношення “рівень_економічного_розвитку”, яке задається в якості початкової умови, є показниками, що змінюються в часі. Для побудови графіків показників замінили якісні значення числовими: “низький”, “несприятливі” – числом 0; “середній” – числом 1; “високий”, “сприятливі” – числом 2. Графіки показників для чотирьох сценаріїв наведено на рис. 3.

Дослідимо ступінь залежності між показниками для кожного сценарію. Оскільки значення всіх показників наведено у порядковій шкалі (“низький” < “середній” < “високий”, “несприятливі” < “сприятливі”), для кожної пари показників можна обчислити коефіцієнт рангової кореляції Спірмена. Ступінь зв'язку між часовими рядами вважають високою при абсолютному значенні коефіцієнта кореляції не нижче 0.7. В результаті обчислення коефіцієнтів кореляції між парами показників для кожного сценарію виділено 13 пар показників зі значенням коефіцієнта кореляції, більшим ніж 0.7 за абсолютною величиною. Ці зв'язки проілюстровано на рис. 2, де вони позначені жирними лініями і підписані номерами сценаріїв, для яких ці зв'язки є “сильними” (зі значенням коефіцієнта кореляції, більшим 0.7 за абсолютною величиною). Пунктирними лініями позначено дуги, що визначаються структурою моделі (1)–(6).

Для всіх чотирьох сценаріїв протягом 2005–2010 рр. рівень суспільного невдоволення не перевищував значення “середній”, що свідчить про адекватність механізму державної підтримки, заданого залежністю (6) та табл. 6. При цьому для більш розвиненої країни c_B (сценарії s_2 і s_4 , рис. 3.2, 3.3) рівень суспільного невдоволення є в середньому дещо вищим, ніж для менш розвиненої країни c_A (сценарії s_1 і s_3 , рис. 3.б, 3.е), що можна пояснити більшою вимогливістю населення розвинутих країн щодо рівня життя.

Ще однією спільною рисою для всіх сценаріїв є вираження зв'язок між погодними умовами та рівнем виробництва продуктів харчування, що також відображає реальні тенденції.

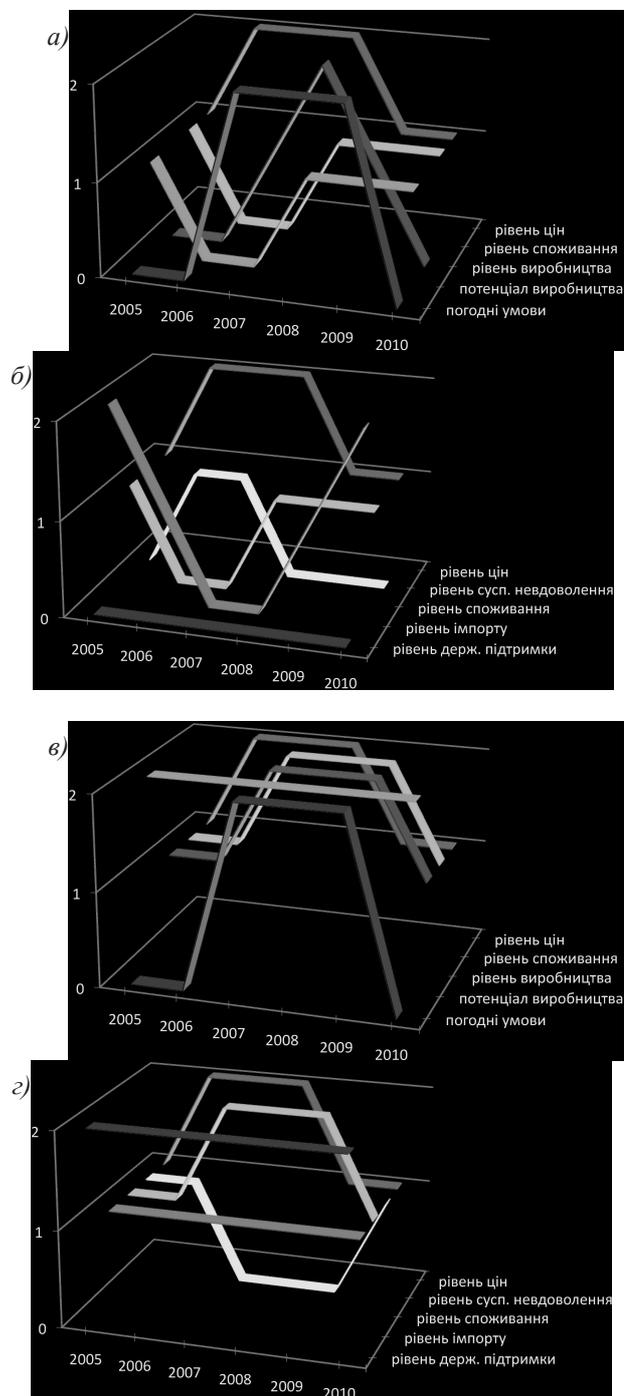
Аналізуючи ступені зв'язків між показниками на основі рис. 2, можна легко помітити, що кількість сильних зв'язків між показниками для сценаріїв s_2 і s_4 більша, ніж для сценаріїв s_1 і s_3 (7 і 8 проти 3 і 4 відповідно). Це можна пояснити більш досконалим соціальним та економічним державним устроєм розвинених країн у порівнянні з країнами, що розвиваються, соціально-економічні процеси в яких часто мають хаотичний або стохастичний характер.

Наведемо текстову інтерпретацію побудованих сценаріїв s_1, s_2, s_3, s_4 . Така інтерпретація є прикладом аналізу запропонованих сценаріїв особою, що приймає рішення, хоча, звичайно, містить елементи суб'єктивного ставлення до об'єкту сценарного дослідження.

Сценарій s_1 побудовано для країни c_A з низьким рівнем економічного розвитку. Високий рівень цін на продукти харчування у 2006–2008 роках у поєднанні з сприятливими погодними умовами у 2007–2009 роках надав стимул для розвитку виробничого потенціалу в 2008–2010 роках, хоча в 2006–2007 роках потенціал виробництва знизився внаслідок несприятливих погодних умов 2005–2006 років. Недостатній рівень виробництва продуктів харчування в 2005–2006 та 2009–2010 роках компенсувався за рахунок імпорту. Низький рівень державної підтримки, характерний для країн, що розвиваються, виявився достатнім для недопущення значного наростання суспільного невдоволення, хоча в 2006–2007 роках рівень суспільного невдоволення підвищився внаслідок низького рівня споживання населенням продуктів харчування. *Визначною рисою сценарію s_1 є збільшення виробничого потенціалу в країні з низьким рівнем розвитку економіки під впливом високих цін на продукти харчування та сприятливих погодних умов з незначним підвищенням соціального невдоволення в 2006–2007 роках.*

Сценарій s_2 побудовано для країни c_B з високим рівнем економічного розвитку. Високий рівень цін на продукти харчування у 2006–2008 роках у поєднанні з сприятливими погодними умовами у 2007–2009 роках дозволив зберегти високий виробничий потенціал сільськогосподарського виробництва, що дозволило забезпечити максимально високий рівень виробництва для даних погодних умов і уникнути необхідності у великих обсягах імпорту продуктів харчування (рівень імпорту “середній”). Зниження рівня

споживання продуктів харчування в 2005–2006 та 2010 роках зумовлено відповідним зниженням обсягів виробництва, що призвело до підвищення суспільного невдоволення в ці роки. Проте високий рівень державної підтримки протягом всього періоду (2005–2010 роки) дозволив уникнути соціальної нестабільності. *Визначною рисою сценарію s_2 є задоволення потреби у продуктах харчування економічно розвинутої країни переважно за рахунок власного сільськогосподарського виробництва без значного збільшення імпорту з незначним підвищенням суспільного невдоволення в 2005–2006 та 2010 роках.*



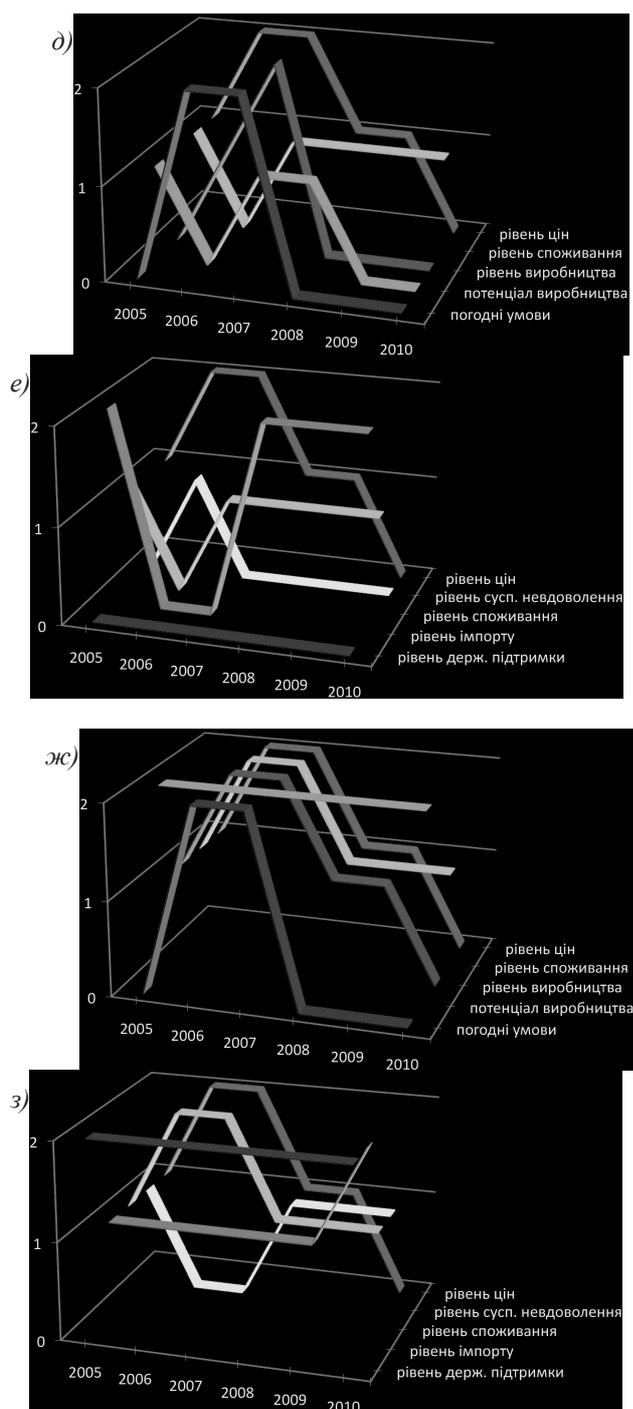


Рис.3 - Результати моделювання сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення для гіпотетичної країни c_A (сценарій s_1 – графіки а, б; сценарій s_3 – графіки д, е) та країни c_B (сценарій s_2 – графіки в, г; сценарій s_4 – графіки ж, з).

Сценарій s_3 побудовано для країни c_A з низьким рівнем економічного розвитку. Неприятливі погодні умови та низький рівень цін на продукти харчування в 2005 та 2008–2010 роках зумовили деградацію виробничого потенціалу та зниження рівня виробництва. Рівень споживання продуктів харчування в 2007–2010 роках утримувався на середньому рівні завдяки високому рівню імпорту в 2008–2010 роках. Зниження в 2006 році рівня споживання продуктів харчування викликало незначний сплеск суспільного невдоволення, яке, однак, не призвело до соціальної нестабільності, незважаючи на низький рівень державної підтримки. *Визначною рисою сценарію s_3 є деградація виробничого потенціалу та переорієнтація*

на імпорт продуктів харчування у країні з низьким рівнем економічного розвитку при несприятливих зовнішніх умовах внаслідок недостатнього рівня державної підтримки.

Сценарій s_4 побудовано для країни c_B з високим рівнем економічного розвитку. Несприятливі погодні умови та зниження рівня цін у 2008–2010 роках не вплинули на виробничий потенціал країни, проте починаючи з 2008 року рівень виробництва скорочувався і в 2010 році досяг найнижчої позначки. Незважаючи на збільшення імпорту в 2010 році, рівень споживання продуктів харчування знизився, що призвело до росту суспільного невдоволення в країні. Рівень державної підтримки на протязі всього періоду з 2005 по 2010 рік залишався високим, що дозволило не допустити ескалації суспільного невдоволення, незважаючи на несприятливі для виробництва продуктів харчування зовнішні умови. *Визначною рисою сценарію s_4 є збереження економічно розвиненою країною високого рівня виробничого потенціалу навіть при несприятливих зовнішніх умовах, обмеження імпорту та, незважаючи на погіршення соціальної обстановки, обмеження рівня соціального невдоволення.*

Висновки

В роботі обґрунтовано можливість автоматизованої процедури побудови сценаріїв майбутніх подій на основі семантичних мереж та ситуаційної логіки. Запропоновано підхід до автоматизованого формування сценаріїв майбутніх подій, що реалізується в умовах неповноти та неточності вихідної інформації. Підхід, що запропоновано, реалізовано в обчислювальному алгоритмі, що надає можливість ефективно проводити дослідження в даній предметній галузі. Виконано обчислювальний експеримент щодо реалізованості та достовірності розробленого підходу.

Застосування розробленого підходу розглянуто на прикладі побудови сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення. Запропоновано семантичну модель зміни рівня суспільного невдоволення під впливом зовнішніх факторів – рівня цін на продукти харчування та погодних умов. Представлення моделі та початкових умов за допомогою конструкції ситуаційної логіки та семантичних мереж дозволило автоматично побудувати сценарії майбутніх подій для двох гіпотетичних країн з урахуванням двох альтернативних сценаріїв зміни інтенсивності впливу зовнішніх факторів.

Обґрунтовано доцільність застосування запропонованого підходу до побудови сценаріїв майбутнього складних систем різної природи.

Література

1. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с. : іл., табл. – ISBN 978-966-552-153-2.
2. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Технологическое предвидение. – К.: Политехника, 2005. – 156 с.
3. Barwise J., Perry J. Situations and Attitudes // The Journal of Philosophy. – 1981. – Vol. 78, No 11. – P. 668–691.
4. Peirce C. S. Manuscripts on existential graphs // Collected Papers of Charles Sanders Peirce. – Vol. 4. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1906. – P. 320–410.
5. Richens R.H. Preprogramming for mechanical translation // Mechanical Translation. – 1956. – Vol. 3, No. 1. – P. 20–25.
6. Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. The Semantic Web // Scientific American. – May 2001. – P. 34–43.
7. Cwm – a general purpose data processor for the semantic web [Електронний ресурс] / W3C consortium, T. Berners-Lee. – Електрон. дан. – Режим доступу: <http://www.w3.org/2000/10/swap/doc/cwm.html>, вільний. – Заголовок з екрану.

УДК 681.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИФФУЗИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ ПОСТРОЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ХРАНЕНИЕМ ЗЕРНА

Поливода В.В., аспирант каф. технической кибернетики
Херсонский национальный технический университет

В статье проведен анализ публикаций по теме исследования, проведено исследование процессов, происходящих при хранении зерна, разработана математическая модель хранения зерна, построена оптимальная по быстродействию система управления хранением зерна.