

Я. Виклюк, Н. Іванушак¹

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем і мереж,
¹Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
кафедра комп’ютерних систем і мереж

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ НАДАННЯ ТУРИСТИЧНИХ ПОСЛУГ СПОЖИВАЧЕВІ НА ОСНОВІ СПІНОВИХ МОДЕЛЕЙ ІЗІНГА

© Виклюк Я., Іванушак Н., 2010

Розроблено модель семантичної мережі, побудовану на основі спінових систем Ізінга, яка дає змогу здійснити оптимальний за вартістю вибір послуг туристичного бізнесу.

There is a model of semantic network which based on the spin Ising systems, which allows for the optimal value range services of tourist business.

Вступ

Ефективне функціонування туристичного підприємства в сучасних умовах передбачає адекватне реагування на зміни ситуації на ринку. Цим і зумовлена необхідність створення системи управління якістю послуг на туристичній фірмі, основною метою якої є виявлення вимог споживачів та оцінювання ступеня відповідності якості туристичного продукту цим вимогам.

Моделювання систем надання послуг дає змогу ефективніше використовувати наявний кадровий, матеріально-технічний, інформаційний та фінансовий потенціал туристичної фірми.

Специфіку окремих видів послуг визначає характер учасників ринку послуг і порядок їх взаємодії, технологія надання послуг та їх природа і мета.

Необхідність моделювання механізму надання послуг

Реальні соціально-економічні системи, до яких належать зокрема туристичні, є доволі складними. Вони поєднують різноманітні виробничі та економічні комплекси, адміністративні, транспортні, торгові та інші організації. До того ж всі ці об’єкти можуть бути розміщені в різних природних, еколого-економічних та соціальних середовищах. Взаємозв’язки між об’єктами, як правило, не вдається адекватно описати мовою математики, а якщо це стає можливим – то модель системи є надзвичайно складною і громіздкою. Дослідити таку модель формалізованими математичними методами часто не вдається. В зв’язку з цими та деякими іншими причинами для організації, функціонування та керування складними туристичними системами використовуються методи імітаційного моделювання, які ґрунтуються на проведенні машинних експериментів з моделями систем.

Сьогодні існують два базові підходи до побудови систем підтримки прийняття рішень: *логічний*, оснований на застосуванні механізмів немонотонного виведення на основі ситуаційно-залежного аксіоматичного набору правил, і *мережевий*, пов’язаний з формуванням різного типу мережевих структур, який описує відношення між об’єктами і поняттями предметної галузі.

Механізм надання та реалізації послуг потребує глибокої аналітичної обробки, пов’язаної зі впровадженням новітніх моделей представлення знань.

На певному етапі представлення знань шляхом застосування будь-якого підходу формується віртуальна або реальна мережа взаємозв’язків між об’єктами і поняттями, окремі ділянки якої активізуються при формуванні рішень на основі вхідних даних.

Серед різноманітних форм мережевих описів для представлення знань і формування рішень найперспективнішими є *активні семантичні мережі*. До них насамперед належать системи з нейрподібними елементами, вузли яких змінюють свій стан під дією процесів, що відбуваються на сусідніх вузлах. Враховуючи основні концепції побудови активних семантичних мереж, у цій статті запропоновано інший підхід до визначення структури і механізмів функціонування об'єктів мережі на основі спінової моделі Ізінга.

Метою роботи є побудова семантичних мереж, функціонування яких описується спіновою системою Ізінга, для визначення оптимального набору туристичних послуг та їх оптимальної вартості.

Модель Ізінга – математична модель статистичної фізики

Системи Ізінга – клас моделей, які введені початково для фізичних досліджень магнітних матеріалів [1]. Кожній вершині кристалічної решітки відповідає число, яке називається спіном, дорівнює +1 або -1 («поле вверх»/«поле вниз») і являє собою магнітний момент. Кожному можливому варіанту розміщення спінів приписується енергія попарної взаємодії спінів сусідніх вузлів решітки, тоді повна енергія системи:

$$E(S) = -\frac{J}{2} \sum_{\langle i,j \rangle} S_i S_j, \quad (1)$$

де S_i – спін вузла у вершині «i», $S_i = \begin{cases} +1, \text{вверх} \\ -1, \text{вниз} \end{cases}$, J – енергія обмінної взаємодії, $\langle i, j \rangle$ позначає сумування за парами найближчих сусідів.

Паралельно ($\uparrow\uparrow$) розміщуватися спінам «вигідно» – цьому відповідає енергія $-J$, $J > 0$. Антипаралельні спіни ($\uparrow\downarrow$) енергетично не вигідні – на утворення кожної такої пари потрібна додатна енергія $+J$.

Зв'язок між двома спінами можна представити у вигляді пружини [2], яка при паралельних спінах знаходиться у нормальному стані і розтягнута, коли спіни є антипаралельними. Кожна розтягнута пружина несе одну одиницю енергії.

Оскільки S_i може набувати 2 значення, у системі з n спінів є 2^n різних конфігурацій.

Для феромагнетика константа обмінної взаємодії $J > 0$ і енергія є мінімальною для спінів, напрямлених в один бік. Система вироджена, оскільки одній енергії відповідає декілька різних конфігурацій спінів. Ентропія системи $S(E)$ росте зі збільшенням степеня виродження станів з енергією E , вона мінімальна у впорядкованому стані і швидко зростає із ростом енергії.

Моделювання взаємовідношень між об'єктами семантичних мереж з використанням математичної моделі Ізінга

У роботі замість нейрподібного механізму при визначенні процесу функціонування вузлів мережі використовується спінова модель Ізінга [1], в якій вузол A_i мережі розглядається як клітинний автомат, стан якого характеризується величиною спіна. Іншою характеристикою вузла є енергія взаємодії з сусідніми вузлами мережі, значення якої залежить від взаємного розміщення спінів та типу зв'язків між вузлами. Величина максимальної енергії зв'язку враховує значення загального енергетичного ресурсу системи при кожній конкретній зміні стану вузла.

Спін вузла характеризує напрям зміни стану об'єкта, процесу або фактора досліджуваної моделі. Для деяких досліджуваних факторів і станів величина спіна може бути визначена в процесі спостереження за поведінкою системи і може бути об'єктивно оцінена. Для інших факторів, об'єктів і процесів величина зміни стану визначається на основі описів виду $\{A_i | A_i \xleftarrow{k} A_j\}$, де k – коефіцієнт, який характеризує ступінь впливу фактора A_j або ситуації S на стан A_i , тобто величина A_i є функцією множини факторів і ситуацій моделі.

Для прикладу розглянемо побудову мережевої структури для опису механізму надання послуг туристичним комплексом, в якій збережемо деякі терміни і поняття, які взяті з фізичного контексту і які викликають змістовні асоціації.

Сьогодні туристичні фірми надають широкий спектр послуг. Для ефективного ведення туристичного бізнесу необхідно враховувати взаємозв'язки між послугами, що надаються, та фактори ефективності їх функціонування. Важливу роль у цьому процесі відіграє моделювання поведінки людини, яке можна здійснити, використовуючи семантичні мережі, що функціонують на основі спінових систем Ізінга [3].

Автори статті не претендують на те, щоб охопити роботу усіх сегментів туристичного ринку, а виділяють тільки ту її частину, в якій надаються послуги за рівнем доходів на прикладі туристичної бази із зимовими видами відпочинку. Хоча це не є єдиною галуззю застосування запропонованих досліджень [4].

Кожному вузлу мережі відповідає певна послуга, що надається споживачу.

Вузли функціонують за такими правилами:

Стан кожного вузла мережі A_i характеризується величиною спіна $s(A_i)$, який набуває значення (\uparrow , \downarrow) і має такий зміст:

\uparrow – користувачу надана послуга;

\downarrow – користувачу не надана послуга.

2. Взаємодія між вузлами вимірюється енергією взаємодії $E(A_i)$, яка кількісно дорівнює величині $E_{\max} > 0$ і визначає вартість послуги, що надається користувачу.

3. Значення енергії взаємодії залежить від взаємного розміщення спінів і типу зв'язку між вузлами.

Розглядають два типи зв'язків:

конкурентні (-), які характеризуються енергією зв'язку $E(A_i) = E_{\max}$ при $s(A_i)\downarrow s(A_j)$ і нульовою енергією зв'язку $E(A_i) = 0$ при $s(A_i)\uparrow s(A_j)$;

партнерські (+), які характеризуються енергією зв'язку $E(A_i) = E_{\max}$ при $s(A_i)\uparrow s(A_j)$ і нульовою енергією $E(A_i) = 0$ при $s(A_i)\downarrow s(A_j)$.

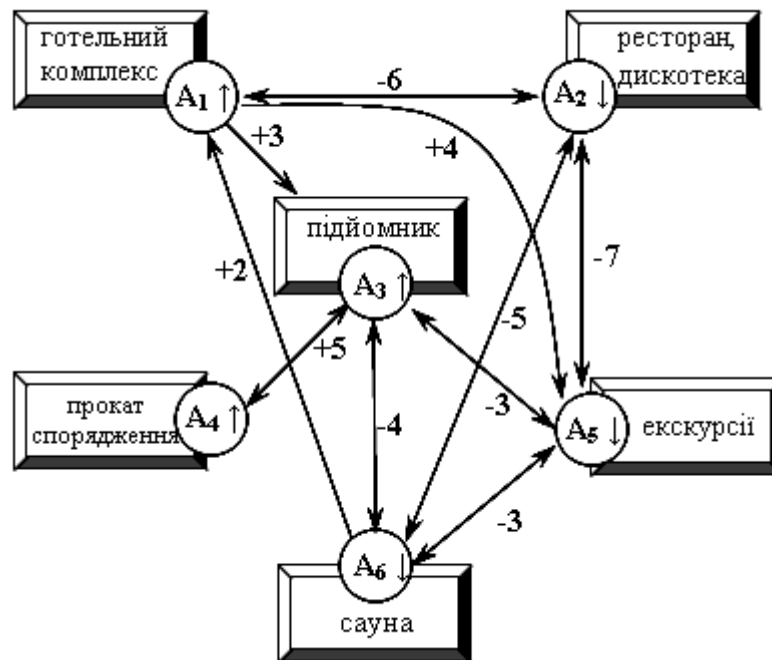


Рис. 1. Когнітивна карта семантичної мережі Ізінга для надання туристичних послуг користувачу

На рис. 1 зображено простий приклад надання послуг споживачу туристичного продукту. Вузли мережі визначають види послуг, які туристичний комплекс може запропонувати відвідувачу. Тип зв'язків між вузлами (партнерські та конкурентні) може змінюватися залежно від індивідуальних потреб користувача. Поточна величина спіна вузла визначається, враховуючи той факт, що вузол намагається володіти найменшим енергетичним потенціалом $E(A_i) = \min(E(A_i\uparrow), E(A_i\downarrow))$.

Числа на лініях зв'язків відповідають значенню коефіцієнта k , який виражає ступінь впливу сусідніх об'єктів та факторів на розглядуваний вузол.

Наведемо приклад динаміки зміни станів вузлів під впливом факторів та процесів всередині системи:

$$\mathbf{A}_1 \uparrow: E \uparrow = \text{Inf}(A_2, A_1) + \text{Inf}(A_6, A_1) = 6 + 0 = 6;$$

$$E \downarrow = 0 + 2 = 2 \rightarrow \mathbf{A}_1 \downarrow.$$

Зміна напрямку вузла $A_1 \uparrow \rightarrow A_1 \downarrow$ пов'язана з тим, що енергія $E \downarrow < E \uparrow$, а вузол прагне володіти найменшим енергетичним потенціалом.

$$\mathbf{A}_2 \downarrow: E \downarrow = \text{Inf}(A_1, A_2) + \text{Inf}(A_5, A_2) + \text{Inf}(A_6, A_2) = 6 + 0 + 0 = 6;$$

$$E \uparrow = 0 + 7 + 5 = 12 \rightarrow \mathbf{A}_2 \downarrow.$$

$$\mathbf{A}_3 \uparrow: E \uparrow = \text{Inf}(A_1, A_3) + \text{Inf}(A_4, A_3) + \text{Inf}(A_5, A_3) + \text{Inf}(A_6, A_3) = 3 + 5 + 3 + 4 = 15;$$

$$E \downarrow = 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \rightarrow \mathbf{A}_3 \downarrow.$$

$$\mathbf{A}_4 \uparrow: E \uparrow = \text{Inf}(A_3, A_4) = 5;$$

$$E \downarrow = 0 \rightarrow \mathbf{A}_4 \downarrow.$$

$$\mathbf{A}_5 \downarrow: E \downarrow = \text{Inf}(A_1, A_5) + \text{Inf}(A_2, A_5) + \text{Inf}(A_3, A_5) + \text{Inf}(A_6, A_5) = 0 + 0 + 3 + 4 = 7;$$

$$E \uparrow = 4 + 7 + 0 + 0 = 12 \rightarrow \mathbf{A}_5 \downarrow.$$

$$\mathbf{A}_6 \downarrow: E \downarrow = \text{Inf}(A_2, A_6) + \text{Inf}(A_3, A_6) + \text{Inf}(A_5, A_6) = 0 + 4 + 0 = 4;$$

$$E \uparrow = 5 + 0 + 3 = 8 \rightarrow \mathbf{A}_6 \downarrow.$$

Оскільки відбулася зміна станів вузлів A_1 , A_3 та A_4 , то далі відбуватимуться такі перетворення:

$$\mathbf{A}_2 \downarrow: E \downarrow = 0 + 0 + 0 = 0 \rightarrow \mathbf{A}_2 \downarrow.$$

$$\mathbf{A}_3 \downarrow: E \downarrow = 3 + 5 + 0 + 0 = 8; E \uparrow = 0 + 0 + 3 + 4 = 7 \rightarrow \mathbf{A}_3 \uparrow.$$

$$\mathbf{A}_4 \downarrow: E \downarrow = 5; E \uparrow = 0 \rightarrow \mathbf{A}_4 \uparrow.$$

$$\mathbf{A}_5 \downarrow: E \downarrow = 4 + 0 + 0 + 0 = 4; E \uparrow = 0 + 7 + 3 + 3 = 13 \rightarrow \mathbf{A}_5 \downarrow.$$

$$\mathbf{A}_6 \downarrow: E \downarrow = 0 + 0 + 0 = 0 \rightarrow \mathbf{A}_6 \downarrow.$$

Отже, стани вузлів динамічно змінюватимуться, поки вся накопичена енергія в активній семантичній мережі не витратиться в процесі зміни цих станів.

Серед різних варіантів можливих організаційних структур семантичних мереж можна визначити такі, які володітимуть найбільшою та найменшою стійкістю за Ізінгом, тобто найбільшою та найменшою енергією зв'язків. Мінімізація цього значення підвищує ефективність внеску ресурсів у систему.

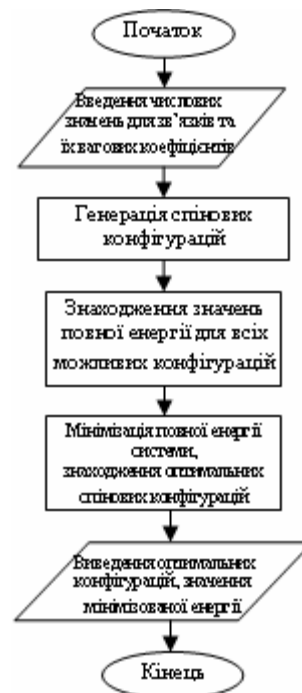
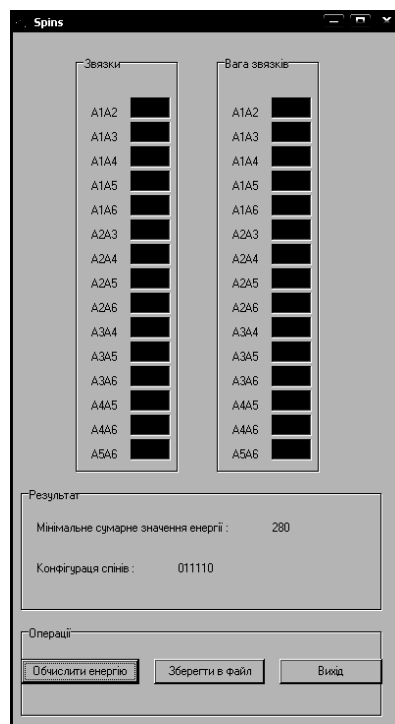


Рис. 2. Вікно модуля програмного забезпечення процесу оптимізації системи з 6 вузлів та блок-схема програми

При побудові мережевої системи важливим фактором є мінімізація її повної енергії, оскільки вузли системи прагнуть перебувати в стані з найменшим енергетичним потенціалом $\min(E(A_i))$. Мінімізація системи дає змогу сформувати набори послуг, які користуватимуться найбільшим попитом і встановити їх оптимальну вартість.

Розроблено програмний продукт, який мінімізує систему послуг для конкретних видів зв'язків між вузлами семантичної мережі. На рис. 2 наведено результати мінімізації енергії системи з 6 вузлів, зображених на рис.1. Столпчик «Зв'язки» являє собою вид зв'язків між вузлами (партнерські, конкурентні). Столпець «Вага зв'язків» являє собою числове значення вартості послуги. Конфігурація спінів подається у вигляді $A_1A_2A_3A_4A_5A_6$.

Змінюючи тип зв'язків між вузлами мережі, кожного разу отримуємо нові значення мінімізованої енергії системи, а отже, і нові конфігурації спінів вузлів (нові можливі послуги туристичного комплексу).

При проведенні числових розрахунків з мінімізації повної енергії системи, яка є сумарною енергією зв'язків, отримуємо різні значення конфігурацій. Для системи із шести спінів кількість можливих конфігурацій, які відповідають різним наборам послуг, наданих користувачеві, дорівнює 64. Із них в таблиці наведено оптимальну конфігурацію спінів системи та три близькі до неї.

Таблиця 1

Значення спінових конфігурацій

№	Конфігурація спінів	Лічильник n
1	100011	2
2	110001	1
3	110010	25
4	101101	29

Лічильник n подає кількість ітерацій, за яких конфігурація спінів вважалась оптимальною. Чим більше значення n, тим ближча конфігурація до оптимального значення.

Конфігурація спінів системи, наведена в четвертому рядку таблиці, відповідає найбільшій кількості ітерацій n, а вибраний споживачем набір послуг «готель – прокат спорядження – підйомник – сауна» є таким, якому відповідає оптимальна вартість послуг.

Розроблена програма дає змогу розглянути мережу з великою кількістю вузлів та зв'язків між ними, що відповідає розширенню сфери надання послуг, які можуть бути запропоновані суб'єктам туристичної діяльності. На вхід моделі надходять дані, які характеризують значення факторів впливу, зміна стану одного або декількох з них стимулює процеси переходу енергії за Ізінгом, після чого система набуває більш-менш стійкого стану. Мінімізація енергії системи відповідає оптимізації набору послуг та їх вартості, які може обрати користувач за рівнем доходів, освіти, віку та різних спонукальних мотивів.

Висновки

Запропонована модель побудови семантичних мереж дає змогу описати відношення між об'єктами туристичного комплексу та їх функціонування. Розроблено програмний продукт, який оптимізує вибір набору послуг та їх вартості для конкретних видів зв'язків між вузлами семантичної мережі. У результаті моделювання самоорганізації системи сформовані набори послуг, які користуватимуться найбільшим попитом у користувачів та відповідатимуть оптимальній вартості.

1. Ising E. Beitrag zur Theorie des Ferromagnetismus. Zeitschr. f. Physik 31, 253–258, 1925. 2. Тоффоли Т., Марголюс Н. Машины клеточных автоматов. – М.: Мир, 1991. – 180. 3. Згуровский М.З., Померанцева Т.Н. Методы принятия решений в социальных системах на основе спиновых моделей Изинга // Проблемы управления и информатики. – 1995. – №1. – С. 89–97. 4. Рыжова А.В. Анализ поляризации мнений в социальной группе на основе обобщенной модели Изинга // Материалы III Всероссийского социологического конгресса. – М.: Институт социологии РАН, Российское общество социологов, 2008 (ISBN 978-6-89697-157-3).