

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ТЕКСТОВИХ ТА ГРАФІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація

Робота присвячена оптимізації багатозв'язних багаторівневих систем з невизначеністю, в яких усунення невизначеності здійснюється шляхом максимізації певного критерію з використанням інформаційних та інтелектуальних технологій. Запропоновано узагальнену постановку задачі оптимізації таких систем і методологію її розв'язання на засадах системного аналізу. Розроблено математичний апарат, що дає змогу описувати багаторівневі зв'язки, формалізувати невизначеності та розв'язувати задачі оптимізації через максимізацію заданого інтегрального критерію. Наведено приклади застосування методології в задачах автоматизованої генерації макетів афіш, побудови структурно-логічних схем освітніх програм та створення аналітичних веб-систем. Окреслено перспективні напрями подальшого використання отриманих результатів.

Ключові слова: інформаційна технологія, оптимізація складних систем, моделювання, системи з невизначеністю, штучний інтелект, оброблення природної мови, генеративні технології

Abstract

The paper is devoted to the optimization of multi-connected multilevel systems with uncertainty, in which the elimination of uncertainty is carried out by maximizing a certain criterion using information and intelligent technologies. A generalized statement of the problem of optimizing such systems and a methodology for solving it based on system analysis are proposed. A unified mathematical apparatus is formed that allows describing multilevel relationships, formalizing uncertainties and solving optimization problems by maximizing a given criterion. Practical examples of applying the methodology to web systems, educational programs, and graphic image generation are presented. New promising areas of application are proposed.

Keywords: information technology, optimization of complex systems, modeling, systems with uncertainty, AI, NLP, generative technologies

Вступ

Системи, що містять в собі графічні та текстові елементи, широко використовуються у сферах освіти, інформаційних технологій, графічного дизайну та аналізу даних. Наприклад, в задачах автоматизованого генерування макетів афіш, впорядкуванні структурно-логічних схем освітніх програм та у побудові структур аналітичних веб-систем.

Такі системи часто мають багаторівневу структуру. У прикладі з афішами: текстові та графічні елементи складають собою інформаційні блоки, які, в свою чергу, компонуються разом, складають макет афіші [1]. Освітні програми мають також багаторівневу структуру: 1) теми; 2) змістові модулі чи модулі; 3) освітні компоненти та їх блоки [2]. А самі освітні програми можуть також розглядатися як один із рівнів, утворюючи зміст спеціальності з декількома освітніми програмами, а спеціальності об'єднуються у галузі. Аналітичні веб-системи також мають багаторівневу структуру: вимірювані величини поєднуються між собою математичними залежностями, які, у свою чергу, можуть бути пов'язані між собою системою рівнянь моделі [3].

Окрім прямих ієрархічних зв'язків в таких системах є також і міжрівневі зв'язки, які формуються у вигляді обмежень чи математичних залежностей між елементами різних рівнів. Наприклад, для дизайну афіш такий загальний параметр макету як розмір та співвідношення сторін друкованого формату накладає вимоги як на розташування кожного інформаційного блоку, так і на – вибір кеглю шрифту текстових елементів. Класично, вибір розміру кегля та шрифту текстового елементу інформаційного блоку «Дата та час події», частіше за все, зумовлює такий самий вибір для текстових елементів текстових блоків інформаційного блоку «Адреса та місце події». Візуальний особистий стиль автора може, також, виражатися як перелік зв'язків між рівнями, або як обмеження до кожного виду текстових елементів, наприклад «Використовувати великі літери для набору заголовків, або ж навпаки звичайне чергування великих та маленьких літер («ЗАГОЛОВОК» / «Заголовок») [1]. У

випадку зі структурно-логічними схемами, існують тематичні зв'язки між дисциплінами, які відображені в ключових поняттях, виражених різними ключовими словами. Наприклад, ключові слова з опису дисциплін «програма, інформаційна система, веб-додатки» відображають в різних дисциплінах поняття «програмний продукт». В межах кожної тематики, яка описує розвиток ключових понять, існують свої принципи впорядкування. Наприклад, упорядкування по стадіях розвитку програмного продукту: спершу викладаються ті дисципліни, які описують проєктування та архітектуру програмного продукту, потім – ті, які описують реалізацію програмного продукту, і лише потім – дисципліни, що описують впровадження, підтримку та розвиток програмного продукту [2, 4]. В аналітичних системах певні показники різних рівнів можуть бути поєднані між собою математичними залежностями, що також виявляє багатозв'язність таких систем [3].

Подібні системи часто мають певну мету, яка може бути виражена в досягненні максимально можливого значення певного критерію. Для афіш це – показник залученості глядачів, що може вимірюватися як частка бажаної дії (кількість уподобань) від загальної кількості глядачів [1]. Для структурно-логічних схем освітніх програм це може бути показник темпоральної впорядкованості [2, 4]. Для аналітичних веб-систем це може бути показник топологічної спостережуваності, який забезпечує можливість визначення кожної величини системи по інших величинах та співвідношеннях між ними, формалізованими у вигляді біхроматичного графа [3].

Задачі оптимізації подібних систем ускладнюються тим, що, окрім обмежень, вони часто містять ще й різні види невизначеності. Для афіш це може бути невизначеність у розташуванні та форматуванні текстових елементів, які б забезпечили максимізацію критерію залученості [1]. Для структурно-логічних схем невизначеність полягає в тому, як в межах часу освітнього процесу певної навчальної програми розташувати освітні компоненти таким чином, щоб показник впорядкованості був якомога більшим, за замовчуванням їх розташування може бути будь-яким [2]. В аналітичних веб-системах подібна невизначеність проявляється в тому, що невідомо які математичні залежності слід додавати, щоб забезпечити вищий рівень топологічної спостережуваності [3].

Виникає потреба у створенні інтелектуальної технології оптимізації текстових та графічних елементів складних систем, яка б урахувала їх багаторівневність, багатозв'язність, та невизначеність, яку можна було б розкрити, шляхом максимізації певного критерію.

Формалізація постановки задачі

Розглянемо систему, що складається з множини рівнів L . Кожен рівень $L_i \in L$ містить набір елементів. Кожен елемент e_{ij} описується вектором параметрів, які разом формують сукупність усіх параметрів системи P . Параметри поділяються на визначені (задані) та невизначені U (такі, що потребують оптимізації). Позначимо множину невизначених параметрів як:

$$\begin{aligned} L &= \{L_1, L_2, \dots, L_n\}, \\ E_i &= \{e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{im_i}\}, \\ P_{ij} &= (p_{ij1}, p_{ij2}, \dots, p_{ijr}), \\ P &= \bigcup_{i=1}^n \bigcup_{j=1}^{m_i} P_{ij}, \\ U &= \{p \in P \mid p \text{ невизначений}\}. \end{aligned}$$

Система підпорядковується системі обмежень (глобальним та внутрішньорівневим обмеженням C_i – для кожного рівня L_i) та містить міжрівневі зв'язки R_{ij} (для пар рівнів L_i, L_j , де $i \neq j$):

$$\begin{aligned} C_i &= \{c_i^{(1)}(P_i) \leq 0, \dots, c_i^{(q_i)}(P_i) \leq 0\}; \\ R_{ij} &= \{r_{ij}^{(1)}(P_i, P_j) \leq 0, \dots, r_{ij}^{(s_{ij})}(P_i, P_j) \leq 0\}; \\ C_{\text{global}} &= \{c^{(1)}(P) \leq 0, \dots, c^{(t)}(P) \leq 0\}, \end{aligned}$$

де в дужках вказано параметр, якого стосується обмеження чи зв'язок у вигляді різного роду співвідношень.

Як узагальнений критерій оптимізації розглядається критерій відповідності багаторівневої системи її основній меті (J), який в часткових випадках може бути показником залученості, темпоральної впорядкованості, топологічної спостережуваності чи ін.:

$$J(P) = \frac{H^+(P)}{H_{\text{total}}(P)},$$

де:

$H^+(P)$ — кількість або вага “сприятливих” зв’язків чи характеристик системи, які відповідають її функціональній меті;

$H_{\text{total}}(P)$ — загальна кількість або вага усіх необхідних зв’язків чи характеристик системи.

Таким чином, узагальнена задача оптимізації має вигляд:

$$\begin{aligned} &\text{Знайти:} && U^* \subseteq \mathbb{R}^k \\ &\text{щоб максимізувати:} && J(P) = \frac{H^+(P)}{H_{\text{total}}(P)} \\ &\text{за умов:} && \begin{cases} c_i^{(q)}(P_i) \leq 0, & \forall i, q = 1, \dots, q_i \\ r_{ij}^{(s)}(P_i, P_j) \leq 0, & \forall i \neq j, s = 1, \dots, s_{ij} \\ c^{(t)}(P) \leq 0, & \forall t = 1, \dots, t \end{cases} \end{aligned}$$

Приклад часткового розв’язку задач оптимізації багаторівневих багатозв’язних систем можна побачити в дослідженнях (таблиця 1) [1-3].

Таблиця 1 - Приклади реалізацій математичного апарату для задач макетування

Компонент	Макетування афіш[1]	Структурно-логічні схеми освітніх дисциплін [2]	Оптимізація аналітичних веб-систем [3]
Рівні L	Текстові елементи, інформаційні складові, макет афіші	Теми, модулі, освітні компоненти (ОК), освітня програма (ОП)	Змінні, формули, моделі, аналітична веб-система
Елементи E_i	Текстові та графічні елементи всередині блоків	Окремі теми, змістові модулі, модулі	Конкретні змінні або функції, які характеризують види стану чи процесів у системі
Параметри P_{ij}	Координати, колір, шрифт, кегль, відступ	Опис теми, ключові поняття, назва, код, кількість кредитів тощо	Величини та математичні залежності
Визначені параметри	Формат афіші, заголовок, текст інформаційних блоків	Опис теми, ключові поняття, кількість годин, компетентності та результати ОП щодо цієї ОК	Вимірювані змінні, наявні формули
Невизначені параметри U	Розміщення, розмір блоків, шрифти	Порядок ОК, послідовність модулів	Відсутні залежності, в тому числі й міжрівневі
Внутрішньорівневі обмеження C_i	Відстані між елементами, шрифт в межах блоку	Порядок тем у модулі, методичні вимоги щодо викладання ОК	Валідація формул, одиниці вимірювання
Міжрівневі зв’язки R_{ij}	Узгодження стилів, кеглів між блоками	Відповідність курсів цілям, зв’язки між модулями	Залежності між змінними різних рівнів

Компонент	Макетування афіш[1]	Структурно-логічні схеми освітніх дисциплін [2]	Оптимізація аналітичних веб-систем [3]
Загальні обмеження C_{global}	Формат (A4 чи ін.), поля, кількість елементів	Загальна кількість годин, максимум кредитів	Складність моделі, обмеження на граф
Критерій $J(P)$	$J(P) = \frac{l}{v}$ — прогнозоване відношення к-сті вподобань до к-сті переглядів	$J(P) = \frac{\Sigma W^+}{\Sigma W^-}$ — частка темпорально впорядкованих зв'язків до загальної к-сті зв'язків	$J(P) = \frac{n}{N}$ — показник топологічної спостережуваності

Висновки

Розглянуто задачу оптимізації багатозв'язних багаторівневих систем з невизначеністю, що базується на максимізації інтегрального критерію з використанням інформаційних та інтелектуальних технологій. Сформульовано узагальнену постановку задачі оптимізації таких систем та обґрунтовано методологію її розв'язання в межах системного аналізу. Охарактеризовано розроблений автором математичний апарат, який дає змогу формалізувати невизначеності та багаторівневі взаємозв'язки, забезпечуючи ефективне розв'язання задач оптимізації. Практичну реалізацію методології продемонстровано на прикладах автоматизованого генерування макетів афіш, побудови структурно-логічних схем освітніх програм і розробки аналітичних веб-систем. Отримані результати створюють підґрунтя для подальших досліджень у напрямі розширення сфер застосування, вдосконалення моделей та інтеграції з сучасними цифровими платформами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. Б. Мокін і Б. С. Білецький, Інтелектуальна технологія макетування якісних афіш, Вісник Вінницького політехнічного інституту, вип. 6, с. 73–82, Груд. 2019. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-147-6-73-82>
2. Білецький Б., Мокін В. Інтелектуальна технологія аналізу темпоральної упорядкованості елементів структурно-логічної схеми освітньої програми. Measuring and Computing Devices in Technological Processes, Хмельницький, 2024 (4), 401–408. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-49>
3. В. Б. Мокін, Є. М. Крижановський, А. М. Лучко, Б. С. Білецький, і С. О. Жуков, «Метод оптимізації інформаційних моделей масштабованих у просторі аналітичних веб-систем за критерієм повноти їхньої топологічної спостережуваності», Вісник Вінницького політехнічного інституту, вип. 6, с. 131–141, Груд. 2021. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-159-6-131-141>
4. Б. С. Білецький, В. Б. Мокін «Визначення темпоральної спрямованості в текстах: нейромережевий підхід для хронологічного впорядкування на основі аналізу пар слів», Вісник Вінницького політехнічного інституту, вип. 6, Груд. 2024. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2024-177-6-121-128>

Білецький Богдан Сергійович — аспірант кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail: bohdanbeletskyi@gmail.com.

Науковий керівник: Мокін Віталій Борисович — д. т. н., професор, завідувач кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail: ybmokin@vntu.edu.ua

Biletskyi Bohdan S. — Post-Graduate Student of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: bohdanbeletskyi@gmail.com.

Scientific supervisor: Mokin Vitalii B. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: ybmokin@vntu.edu.ua