

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ В РЕГІОНІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

© Грицюк М., Грицюк Ю., 2015

Розроблено методику розв’язання задачі багатокритеріальної оптимізації проекту стратегічного розвитку туризму в регіоні Українських Карпат з урахуванням різних обмежень при заданих альтернативах виконання робіт, поданих у вигляді мережевих моделей. Для розв’язання задачі використано метод послідовних поступок з врахуванням умови, коли будь-яка робота подальшого етапу в проекті починається після завершення всіх робіт попереднього етапу. Розроблена математична модель задачі враховує шість критеріїв, є динамічною з булевими змінними, алгоритмічними і аналітичними цільовими функціями та відповідними обмеженнями.

Ключові слова: стратегічний розвиток туризму, структура проекту, критерії оптимізації, багатокритеріальна оптимізація, математична модель, метод послідовних поступок.

The author has developed the method of solving the task of multi-criterion optimization the project of strategic tourism development in Ukrainian Carpathian region taking into account the various limitations under the given alternatives of execution the works, submitted in the form of network models. For solving the task, we used the method of successive concessions taking into account the condition where any work of further stage in the project begins after completing all work of the previous stage. The developed mathematical model of task takes into account the six criteria, is dynamic with Boolean variables, algorithmically and analytical objective functions and appropriate limitations.

Key words: strategic tourism development, project structure, optimization criteria, multi-criterion optimization, mathematical model, the method of successive concessions.

Вступ

Важливим чинником суспільно-економічного розвитку певної території є ефективне впровадження регіональної політики стратегічного розвитку туризму, яка ґрунтується на принципах збалансованості природокористування та сталого розвитку [2]. У роботі [6] розглянуто особливості процесу моделювання оптимальної траєкторії сталого розвитку туризму в регіоні Українських Карпат. З’ясовано, що особливу увагу при цьому необхідно звертати на тимчасові параметри (наприклад, терміни початку етапів впровадження проектів, терміни їх реалізації та здавання в експлуатацію), визначальними чинниками яких є динаміка кон’юнктури ринку і доступність фінансових ресурсів. Розроблена математична модель проекту стратегічного розвитку туризму (СРТ) враховує ймовірнісну природу походження фінансових надходжень з можливими відхиленнями, що забезпечує адекватність отриманих результатів реальним ситуаціям.

Проблема розроблення довготермінової стратегії сталого розвитку туризму в регіоні Українських Карпат вимагає складних і багатопланових розрахунків [2, 11]. Більшість наукових публікацій на цю тематику мають описовий характер, у яких здебільшого висвітлюється суть і наводиться класифікація допустимих стратегій [13, 16, 17]. Однак тільки у незначній частині таких робіт розглядаються економіко-математичні моделі та алгоритми, які дають змогу обґрунтовано формувати більш-менш адекватні стратегії [1, 2, 4, 10, 15, 18]. Проте проблеми багатокритеріальної оптимізації проекту СРТ на регіональному рівні розкриті недостатньо і потребують подальшого опрацювання, що і визначає актуальність цієї роботи.

Проте, у роботах [7, 8] розглянуто постановку задачі багатокритеріальної оптимізації змісту проекту з урахуванням обмежень при заданих альтернативах виконання робіт, а також її математична модель за такими критеріями, як прибуток, тривалість, вартість, якість та ризику реалізації проекту. Процес оптимізації задачі автором поділено на етапи, на кожному з яких можливі альтернативи виконання окремих робіт подано у вигляді мережевих моделей. Оскільки в задачах оптимізації процедура встановлення значень вагових коефіцієнтів для різних критеріїв викликає у експертів, як правило, великі труднощі, то для кожного критерію набагато простіше задати тільки їхні пріоритети. Тому в роботі [7] наведено методику багатокритеріальної оптимізації змісту проекту, який базується на методі послідовних поступок, яку приймемо за основу для розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації проекту СРТ у регіоні Українських Карпат.

Мета роботи полягає в розробленні методики розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації проекту СРТ з урахуванням різних обмежень при заданих альтернативах виконання робіт, результати якої забезпечать дотримання принципів збалансованості природокористування та сталого розвитку. Для реалізації зазначеної мети потрібно вирішити такі основні завдання: з'ясувати особливості застосування методу послідовних поступок стосовно відносної важливості часткових критеріїв; реалізувати методику розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації методом послідовних поступок; навести приклади вибору оптимальних варіантів СРТ; зробити відповідні висновки.

Застосування методу послідовних поступок для вибору оптимального проекту СРТ

Метод послідовних поступок [1, 4, 9, 11, 12] застосовується тоді, коли на основі часткових критеріїв можна проводити якісний аналіз їхньої відносної важливості. На підставі такого аналізу частковим критерієм надаються деякі переваги, після чого вони впорядковуються за убаванням їхньої важливості. Сутність методу полягає в розв'язанні послідовності підзадач (1)–(4), при цьому визначається на кожному кроці величина поступки $\Delta_k (\forall k \in K)$ за рахунок багаторазового повторення процедури розв'язання кожної підзадачі шляхом задавання пробних значень і аналізу отриманих результатів розв'язання, які залежать від цих значень. Шуканим розв'язком буде результат розв'язання підзадачі (4), а саме:

$$f_1^{\max} = \max_{x \in X^0} \{f_1(x)\}; \quad (1)$$

$$f_2^{\text{КОМ}} = \max_{x \in X^0} \{f_2(x)\}, f_1(x) \geq (1 - \Delta_1) \cdot f_1^{\max}; \quad (2)$$

$$f_k^{\text{КОМ}} = \max_{x \in X^0} \{f_k(x)\}, f_j(x) \geq (1 - \Delta_j) \cdot f_j^{\max}, j = \overline{1, k-1}; \quad (3)$$

$$f_K^{\text{КОМ}} = \max_{x \in X^0} \{f_K(x)\}, f_j(x) \geq (1 - \Delta_j) \cdot f_j^{\max}, j = \overline{1, K-1}, \quad (4)$$

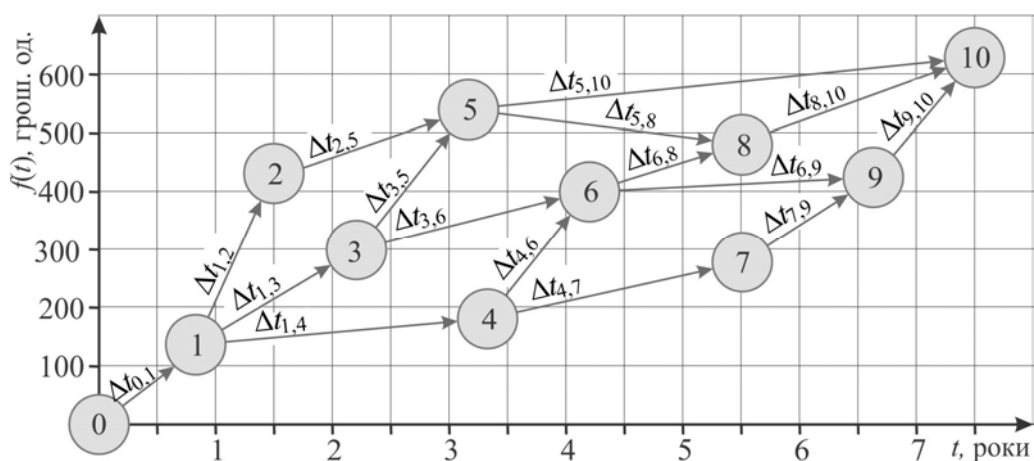
де K – загальна кількість критеріїв; $f_k(x) = \{f_k(x), k = \overline{1, K}\}$ – натуральне значення k -го критерію; $f_k^{\max} = \{f_k^{\max}, k = \overline{2, K}\}$, $f_k^{\text{КОМ}} = \{f_k^{\text{КОМ}}, k = \overline{2, K}\}$ – відповідно максимальне та компромісне значення k -го критерію; $X^0 = \{\Delta_k, k = \overline{1, K}\}$ – величина k -ї поступки.

Процедура розв'язання задачі оптимізації методом послідовних поступок, при невдалому підборі початкових значень поступок $\Delta_k (\forall k \in K)$, призводить у деяких випадках до значних витрат часу, що є основним його недоліком [4]. Однак метод може використовуватися для будь-яких часткових цільових функцій і обмежень, що мають різну розмірність. Він не вимагає монотонних перетворень [12] часткових критеріїв і порівняння їх значень. Тому зазначений вище його недолік втрачає свою актуальність навіть для двокритеріальної задачі. Окрім цього, він простий у використанні й зручний для аналізу.

Тому з урахуванням цієї обставини і зазначених переваг методу послідовних поступок якраз і використаємо його для розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації проекту СРТ у регіоні Українських Карпат.

Розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації методом послідовних поступок

Адаптуємо наведену в роботі [7] математичну модель для розв'язання задачі оптимізації проекту СРТ у Карпатському регіоні за такими критеріями: вартість, тривалість і ризику реалізації проекту СРТ; витрати на надання та прибуток від надання, а також якість надання туристичних послуг. Як і в роботі [6], вважатимемо, що структуру проекту СРТ задано у вигляді мережевої моделі, в якій види виконуваних робіт подано у вигляді вершин, а зв'язки між ними – у вигляді направлених дуг. Процес реалізації проекту СРТ поділено на декілька етапів (рисунок), на кожному з яких можливі альтернативи виконання окремих видів робіт. Кожний етап – це проект або програма, сукупність яких формує довготермінову стратегію сталого розвитку туризму у встановлені терміни за наявні ресурси.



Етапи стратегічного розвитку туризму, де Δt_{ij} – тривалість переходу з одного стану розвитку туризму в інший

Для розв'язання цієї задачі використаємо один з варіантів реалізації методу послідовних поступок, який наведено в роботі [5]. Для цього виконаємо якісний аналіз відносної важливості часткових критеріїв задачі, а також надамо пріоритети кожному з них, тобто проранжуємо критерії від найбільш важливого до найменш затребуваного. Стосовно нашої задачі, то критерії розташуємо в такому порядку убывання пріоритетів: прогнозований прибуток від надання туристичних послуг, поточні витрати на їх надання, а також їхня якість; вартість, тривалість і ризику реалізації проекту СРТ. Методика розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації проекту СРТ у регіоні Українських Карпат складається також з окремих кроків їх реалізації.

Крок 1. Оптимізуємо значення першого критерію за наданням пріоритету, який характеризує прогнозований прибуток від надання туристичних послуг з урахуванням відповідних обмежень. Для цього розв'яжемо таку задачу: потрібно знайти максимальний прогнозований прибуток від надання туристичних послуг

$$P = P(C, D, E, F, G, X) = \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^{L_t} c_{tl} d_{tl} + \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} (e_{hj} - w_{hj}) \cdot x_{hj} - \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} u_t(G, x_{hj}) \rightarrow \max_{x_{hj}} \quad (5)$$

при дотриманні таких обмежень на:

- позитивний залишок грошових коштів після виконання робіт певного виду на h -му етапі реалізації проекту СРТ

$$s_h = s_{h-1} + k_h - \sum_{j=1}^{M_h} w_{hj} x_{hj}; s_h \geq 0, h = \overline{1, H}; \quad (6)$$

- тривалість виконання робіт при реалізації проекту СРТ протягом інвестиційної фази

$$T_p = T_p(G, X) = \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} j_{\tau}(G, x_{hj}) \leq T^{\max}; \quad (7)$$

- кількість варіантів одночасного виконання робіт певного виду на h -му етапі реалізації проекту СРТ

$$\sum_{j=1}^{M_h} x_{hj} = 1, \quad h = \overline{1, H}; \quad x_{hj} \in \{0, 1\}, \quad (8)$$

де T – тривалість життєвого циклу проекту СРТ надання туристичних послуг;

- $L_t^{\%} = \{L_t, t = \overline{1, T}\}$ – кількість видів туристичних послуг, наданих у t -му році їх життєвого циклу;
- $C_t^{\%} = \{C_t = \{c_{il}, l = \overline{1, L_t}\}, t = \overline{1, T}\}$ – вартість надання туристичних послуг l -го виду в t -му році їх життєвого циклу;
- $D_t^{\%} = \left\{ D_t = \left\{ d_{il} = \begin{cases} a_{il}, & \text{якщо } a_{il} \leq b_{il}; \\ b_{il}, & \text{якщо } a_{il} > b_{il}, \end{cases} l = \overline{1, L_t}, t = \overline{1, T} \right\} \right\}$ – кількість наданих туристичних послуг l -го виду в t -му році їх життєвого циклу;
- $B_t^{\%} = \{B_t^{\pm \Delta a} = \{b_{il}^{\pm \Delta a}, l = \overline{1, L_t}\}, t = \overline{1, T}\}$ – прогнозований попит на надання туристичних послуг l -го виду в t -му році їх життєвого циклу;
- $A_t^{\%} = \left\{ A_t = \left\{ a_{il} = \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} a_{il}(\mathbf{G}, x_{hj}), l = \overline{1, L_t}, t = \overline{1, T} \right\} \right\}$ – виробнича потужність туристичних об'єктів з надання послуг l -го виду в t -му році їх життєвого циклу;
- H – кількість етапів реалізації проекту СРТ;
- $M_h^{\%} = \{M_h, h = \overline{1, H}\}$ – кількість варіантів мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $X_h^{\%} = \{X_h = \{x_{hj} \in \{0, 1\}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – залучення до виконання роботи за j -м варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $W_h^{\%} = \{W_h = \{w_{hj}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – вартість виконання роботи за j -м варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ (може складатися з декількох видів робіт);
- $S_h^{\%} = \{s_h, h = \overline{1, H}\}$ – обсяг грошових коштів, що залишилися після виконання робіт на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $K_h^{\%} = \{k_h, h = \overline{1, H}\}$ – обсяг грошових коштів, що виділяють для виконання робіт на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $E_h^{\%} = \{E_h = \{e_{hj}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – залишкова вартість основних фондів, що вибувають при виконанні роботи за j -им варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- T^{\max} – максимальна тривалість інвестиційної фази реалізації проекту СРТ;
- $U_t^{\%} = \{u_t = u_t(\mathbf{G}, x_{hj}), t = \overline{1, T}\}$ – поточні витрати, пов'язані з наданням туристичних послуг в t -му році їх життєвого циклу.

Обмеження (6) припускає, що після завершення кожного етапу реалізації проекту СРТ мають бути відсутні фінансові заборгованості щодо виконання попередніх видів робіт. Обмеження (7) означає, що тривалість інвестиційної фази реалізації проекту СРТ має бути не більшою від її максимального терміну T^{\max} , який заздалегідь вказує замовник. Обмеження (8) означає, що на h -му етапі реалізації проекту СРТ мають виконуватися тільки роботи одного виду.

У моделі (5)–(8) можуть бути й інші обмеження, наприклад, на витрату деяких ресурсів, на потребу відповідних кадрів, устаткування, сировини і комплектних матеріалів, на послідовність виконання різних варіантів робіт тощо.

Мережева модель (орієнтований граф) виконання робіт при реалізації проекту СРТ, що містить їхні альтернативи, має такий вигляд:

$$\mathbf{G} = \{A, Z, Y, W\}, \quad (9)$$

де $A_h^{\%} = \{A_h^{\%} = \{a_{hjk}, k = \overline{1, N_{hj}}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – множина вузлів орієнтованого графу, де a_{hjk} – робота k -го виду, яка виконується за j -м варіантом (альтернативою) мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;

- $\mathcal{N}_h = \{N_{hj} = \{N_{hj}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – кількість видів робіт, які виконуються за j -м варіантом (альтернативою) мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $\mathcal{Z}_h = \left\{ \mathcal{Z}_h = \left\{ \mathcal{Z}_{hj} = \left\{ \begin{matrix} (m) z_{hj}^{(k)}, & k = \overline{1, N_{hj}} \\ p f z_{hj}^{(k)}, & m = \overline{1, N_{pf}} \end{matrix} \right\}, \right. \left. j = \overline{1, M_h} \right\}, \left. h = \overline{1, H} \right\}$ – множина направлених дуг графу, де $(m) z_{hj}^{(k)}$ – дуга, яка виходить з k -го вузла (роботи k -го виду) за j -м варіантом (альтернативою) мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ і входить у m -й вузол (роботу m -го виду) за f -м варіантом мережевої моделі на p -му етапі реалізації проекту СРТ; $k \neq m$ при $p = h$; $p \geq h$;
- $\mathcal{T}_h = \{t_{hj} = \{t_{hjk}, k = \overline{1, N_{hj}}\}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – множина термінів виконання робіт у вузлах орієнтованого графу, де t_{hjk} – термін виконання роботи k -го виду за j -м варіантом (альтернативою) мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $\mathcal{W}_h = \{w_{hj} = \{w_{hjk}, k = \overline{1, N_{hj}}\}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – множина вартостей виконання робіт у вузлах орієнтованого графу, де w_{hjk} – вартість виконання роботи k -го виду за j -м варіантом (альтернативою) мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ.

Якщо розв'язок задачі (5)–(8) отримано (позначимо його через P^{\max}), то переходимо до кроку 2. Якщо ж задача розв'язку не має, то початкова задача також не має розв'язку.

Крок 2. Призначаємо поступку Δp в частках від набутого значення критерію, який характеризує прогнозований прибуток від надання туристичних послуг. Формуємо таке обмеження:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^{L_t} c_{tl} d_{tl} + \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} (e_{hj} - w_{hj}) \cdot x_{hj} - \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} u_t(\mathbf{G}, x_{hj}) \geq (1 - \Delta p) \cdot P^{\max}. \quad (10)$$

Крок 3. Оптимізуємо значення другого за важливістю критерію, який характеризує прогнозовані поточні витрати на надання туристичних послуг, враховуючи обмеження та поступку за критерієм, що характеризує прогнозований прибуток від надання туристичних послуг (5). Для цього розв'яжемо таку задачу: потрібно знайти мінімальні поточні витрати на надання туристичних послуг

$$U = U(\mathbf{G}, \mathcal{X}) = \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} u_t(\mathbf{G}, x_{hj}) \rightarrow \min_{x_{hj}} \quad (11)$$

при дотриманні обмежень (6)–(8) і (10). Значення функції мети (11) вказує на поточні витрати туристичної галузі внаслідок реалізації проекту СРТ протягом його життєвого циклу.

Якщо розв'язок задачі (11), (6)–(8) і (10) отримано (позначимо його через U^{\min}), то переходимо до кроку 4. Якщо ж задача розв'язку не має, то повертаємося до кроку 2 і збільшуємо поступку Δp за критерієм, який характеризує прогнозований прибуток від надання туристичних послуг.

Крок 4. Призначаємо поступку Δu в частках набутого значення критерію, який характеризує поточні витрати на надання туристичних послуг. Формуємо обмеження такого вигляду:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} u_t(\mathbf{G}, x_{hj}) \leq (1 + \Delta u) \cdot U^{\min}. \quad (12)$$

Крок 5. Оптимізуємо значення третього за важливістю критерію, який характеризує прогнозовану якість надання туристичних послуг, враховуючи обмеження та раніше зроблені поступки за критеріями, що характеризують прогнозований прибуток від надання (5) та поточні витрати на надання туристичних послуг (11). Для цього розв'яжемо таку задачу: потрібно знайти мінімальну прогнозовану якість надання туристичних послуг

$$Q = Q(\mathcal{B}, \mathcal{W}^a, \mathcal{X}) = \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{r=1}^{R_h} b_{hr} w_{hjr}^a x_{hj} \rightarrow \min_{x_{hj}} \quad (13)$$

при дотриманні обмежень (6)–(8), (10) і (12). Значення функції мети (13) вказує на ту якість надання туристичних послуг, нижче якої реалізація проекту СРТ є не придатною для потенційних клієнтів.

У виразі (13) введено такі позначення:

- $\beta_h = \{\beta_{hr} = \{b_{hr}, r = \overline{1, R_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – ваговий коефіцієнт r -го показника якості надання туристичних послуг внаслідок реалізації проекту СРТ: $0 < \beta_{rh} < 1, \sum_{r=1}^{R_h} b_{hr} = 1, h = \overline{1, H}$;
- $W_h^i = \{W_{hj}^i = \{w_{hjr}^i, r = \overline{1, R_h}\}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – нормоване значення r -го показника якості надання туристичних послуг, яке стосується виконання роботи за j -м варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ, визначається за такими формулами:

$$w_{hjr}^i = \frac{w_{hjr}^{\max} - w_{hjr}^{\min}}{w_{hjr}^{\max} - w_{hjr}^{\min}}, \forall r \in R_h^{(1)}; w_{hjr}^i = \frac{w_{hjr} - w_{hjr}^{\min}}{w_{hjr}^{\max} - w_{hjr}^{\min}}, \forall r \in R_h^{(2)}, h \in H; \quad (14)$$
- $W_h = \{W_{hj} = \{w_{hjr}, r = \overline{1, R_h}\}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – натуральне значення r -го показника якості надання туристичних послуг, яке стосується виконання роботи за j -м варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $W_h^{\min} = \{W_{hj}^{\min} = \{w_{hjr}^{\min}, r = \overline{1, R_h}\}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – мінімально можливе значення r -го показника якості надання туристичних послуг, яке стосується виконання роботи за j -м варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $W_h^{\max} = \{W_{hj}^{\max} = \{w_{hjr}^{\max}, r = \overline{1, R_h}\}, j = \overline{1, M_h}\}, h = \overline{1, H}\}$ – максимально можливе значення r -го показника якості надання туристичних послуг, яке стосується виконання роботи за j -м варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $R_h = \{R_h, h = \overline{1, H}\}$ – загальна кількість показників якості надання туристичних послуг, які потрібно врахувати на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $R_h^{(1)}, R_h^{(2)}, h \in H$ – кількість показників якості надання туристичних послуг, які потрібно відповідно максимізувати та мінімізувати на h -му етапі реалізації проекту СРТ.

Нагадаємо, що до основних параметрів оцінювання якості та споживчої вартості надання туристичних послуг належать показники, що визначають технічну, функціональну та етичну вартість окремих видів послуг і комплексного туристичного продукту, а також показники їхньої суспільно-політичної та економічної вартості. Забезпечення відповідного рівня якості надання туристичних послуг вимагає узагальнення бажань клієнтів та їх реалізації, а також порівняння реального стану задоволення потреб клієнта зі станом, на який він очікує.

Значення функції мети (13) є узагальненою оцінкою якості надання туристичних послуг внаслідок реалізації проекту СРТ протягом його життєвого циклу. Що воно менше, то вища прогнозована якість надання туристичних послуг.

Якщо розв'язок задачі (13), (6)–(8), (10) і (12) отримано (позначимо його через Q^{\min}), то переходимо до кроку 6. Якщо ж задача розв'язку не має, то повертаємося до кроку 4 і збільшуємо поступку Δu за критерієм, який характеризує поточні витрати на надання туристичних послуг.

Крок 6. Призначаємо поступку Δq у частках набутого значення критерію, який характеризує прогнозовану якість надання туристичних послуг. Формуємо обмеження такого вигляду:

$$\sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{r=1}^{R_h} b_r w_{hjr}^i x_{hj} \leq (1 + \Delta q) \cdot Q^{\min}. \quad (15)$$

Крок 7. Оптимізуємо значення четвертого за важливістю критерію, який характеризує вартість реалізації проекту СРТ, враховуючи обмеження та раніше зроблені поступки за критеріями, що характеризують прогнозований прибуток від надання (5) та поточні витрати на надання туристичних послуг (11), а також їх прогнозовану якість (13). Для цього розв'яжемо таку задачу: потрібно знайти мінімальну вартість реалізації проекту СРТ

$$F = F(W, X) = \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} w_{hj} x_{hj} \rightarrow \min_{x_{hj}} \quad (16)$$

при дотриманні обмежень (6)–(8), (10), (12) і (15). Значення функції мети (16) вказує на одноразові витрати на реалізацію проекту СРТ протягом його життєвого циклу.

Якщо розв'язок задачі (16), (6)–(8), (10), (12) і (15) отримано (позначимо його через F^{\min}), то переходимо до кроку 8. Якщо ж задача розв'язку не має, то повертаємося до кроку 6 і збільшуємо поступку Δq за критерієм, який характеризує прогнозовану якість надання туристичних послуг.

Крок 8. Призначаємо поступку Δf у частках набутого значення критерію, який характеризує вартість реалізації проекту СРТ. Формуємо обмеження такого вигляду:

$$\sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} w_{hj} x_{hj} \leq (1 + \Delta f) \cdot F^{\min}. \quad (17)$$

Крок 9. Знаходимо оптимальне значення п'ятого за важливістю критерію, який характеризує тривалість реалізації проекту СРТ, враховуючи обмеження та раніше зроблені поступки за критеріями, що характеризують прогнозований прибуток від надання (5) та поточні витрати на надання туристичних послуг (11), а також прогнозовану їх якість (13) та вартість реалізації проекту СРТ (16). Для цього розв'яжемо таку задачу: потрібно знайти мінімальну тривалість реалізації проекту СРТ

$$T_p = T_p(G, X) = \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} j_{\tau}(G, x_{hj}) \rightarrow \min_{x_{hj}} \quad (18)$$

при дотриманні обмежень (6)–(8), (10), (12), (15) і (17). Значення функції мети (18) вказує на тривалість інвестиційної фази реалізації проекту СРТ, яка розраховується за допомогою методу критичного шляху [15] або іншого методу в мережевій моделі (9).

Якщо розв'язок задачі (18), (6)–(8), (10), (12), (15) і (17) отримано (позначимо його через T^{\min}), то переходимо до кроку 10. Якщо ж задача розв'язку не має, то повертаємося до кроку 8 і збільшуємо поступку Δf за критерієм, який характеризує вартість реалізації проекту СРТ.

Крок 10. Призначаємо поступку Δt у частках набутого значення критерію, який характеризує тривалість реалізації проекту СРТ. Формуємо обмеження такого вигляду:

$$\sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} j_{\tau}(G, x_{hj}) \leq (1 + \Delta t) \cdot T^{\min}. \quad (19)$$

Крок 11. Знаходимо оптимальне значення шостого за важливістю критерію, який характеризує прогнозовані ризики реалізації проекту СРТ, враховуючи обмеження та раніше зроблені поступки за критеріями, що характеризують прогнозований прибуток від надання (5) та поточні витрати на надання туристичних послуг (11), а також їх прогнозовану якість (13), вартість (16) та тривалість реалізації проекту СРТ (18). Для цього розв'яжемо таку задачу: потрібно знайти мінімальні ризики реалізації проекту СРТ

$$R = R(P, V, X) = \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{k=1}^{K_{hj}} p_{hrk} v_{hrk} x_{hj} \rightarrow \min_{x_{hj}} \quad (20)$$

при дотриманні обмежень (6)–(8), (10), (12), (15), (17) і (19). Значення функції мети (20) вказує на ту оцінку ризику, нижче якої реалізація проекту СРТ є недоцільною.

У виразі (20) введено такі позначення:

- $P_h = \{P_{hj} = \{p_{hjk}, k = \overline{1, K_{hj}}, j = \overline{1, M_h}, h = \overline{1, H}\} -$ ймовірність настання k -ї ризикової ситуації при виконанні роботи за j -м варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $V_h = \{V_{hj} = \{v_{hjk}, k = \overline{1, K_{hj}}, j = \overline{1, M_h}, h = \overline{1, H}\} -$ негативні наслідки у вартісному еквіваленті від настання k -ї ризикової ситуації при виконанні роботи за j -м варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ;
- $K_h = \{K_{hj}, j = \overline{1, M_h}, h = \overline{1, H}\} -$ кількість ризикових ситуацій, які можуть настати при виконанні роботи за j -им варіантом мережевої моделі на h -му етапі реалізації проекту СРТ.

Якщо розв'язок задачі (20), (6)–(8), (10), (12), (15), (17) і (19) отримано (позначимо його через R^{\min}), то переходимо до кроку 12. Якщо ж задача розв'язку не має, то повертаємося до кроку 10 і збільшуємо поступку Δt за критерієм, який характеризує тривалість реалізації проекту СРТ.

Крок 12. Призначаємо поступку Δr у частках набутого значення критерію, який характеризує прогнозовані ризики реалізації проекту СРТ. Формуємо обмеження такого вигляду:

$$\sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{i=1}^{I_h} p_{hri} v_{hri} x_{hj} \leq (1 + \Delta r) \cdot R^{\min}. \quad (21)$$

Якщо задача (20), (6)–(8), (10), (12), (15), (17), (19) і (21) має розв'язок, то його можна розглядати як результат розв'язання початкової задачі багатокритеріальної оптимізації проекту СРТ при заданих пріоритетах критеріїв з урахуванням поступок за декількома критеріями. Якщо ж задача розв'язку не має, то повертаємося до кроку 12 і збільшуємо поступку Δr за критерієм, який характеризує прогнозовані ризики реалізації проекту СРТ.

Наведена вище математична модель задачі оптимізації проекту СРТ враховує шість критеріїв, є динамічною в часі та з булевими змінними стосовно залучення видів виконуваних робіт, алгоритмічними і аналітичними цільовими функціями та відповідними обмеженнями. Для розв'язання цієї задачі також наведено методіку багатокритеріальної оптимізації проекту СРТ за наявності обмежень та заданих альтернативах виконання робіт певного виду, поданих у вигляді мережевої моделі. Пошук оптимального розв'язку задачі передбачає застосування узагальненого критерію ефективності проекту СРТ у поєднанні з методом неявного перебору допустимих його варіантів і методу послідовних поступок, який враховує умови, коли будь-які види робіт з подальшого етапу реалізації проекту СРТ можуть починатися після завершення всіх робіт на попередньому етапі.

Результати числового експерименту за різними вхідними даними, їхня графічна інтерпретація, а також їхній детальний аналіз стосовно динаміки життєвого циклу та етапів реалізації проекту СРТ буде наведено в подальших публікаціях за цією тематикою дослідження.

Висновки

1. Встановлено, що у багатьох наукових дослідженнях недостатньо висвітлено проблему оптимізації проекту СРТ на регіональному рівні, результати якої мали б забезпечити дотримання принципів збалансованості природокористування та сталого розвитку.

2. Розроблено методіку розв'язання задачі оптимізації проекту СРТ за шістьма критеріями при таких заданих пріоритетах: прогнозований прибуток від надання туристичних послуг, поточні витрати на їх надання, а також їхня якість; вартість, тривалість і ризики реалізації проекту СРТ. При цьому враховувалися різні обмеження із заданими альтернативами виконання робіт, поданими у вигляді мережевих моделей.

3. Використаний метод послідовних поступок для розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації проекту СРТ враховує умови, згідно з якими будь-які види виконуваних робіт з подальшого етапу в проекті можуть починатися тільки після завершення всіх робіт на попередньому етапі.

4. Розроблена математична модель задачі оптимізації проекту СРТ є багатокритеріальною, динамічною, з булевими змінними, алгоритмічними і аналітичними цільовими функціями та відповідними обмеженнями.

1. Бейко И. В. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации / И. В. Бейко, Б. Н. Бублик, П. Н. Зинько. – К. : Вища шк., 1983. – 512 с. 2. Боруцак М. Проблеми формування стратегії розвитку туристичних регіонів : монографія / М. Боруцак. – Львів : Вид-во ІРД НАН України, 2006. – 288 с. 3. Бурков В. Н. Экономико-математические модели управления развитием отраслевого производства / В. Н. Бурков, Г. С. Джавахадзе. – М. : Изд-во ИПУ РАН, 1997. – 64 с. 4. Волошин О. Ф. Теорія прийняття рішень : навч. посібн. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2006. – 304 с. 5. Грицюк М. Ю. Багатокритеріальна оптимізація структури проекту СРТ на регіональному рівні / М. Ю. Грицюк // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.2. – С. 324–343. 6. Грицюк М. Ю. Моделирование оптимальной траектории сталого розвитку туризму в регіоні Українських Карпат / М. Ю. Грицюк // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності : зб. наук.

праць. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД. – 2013. – № 7. – С. 18–27. 7. Кононенко И. В. Многокритериальная оптимизация содержания проекта при заданных приоритетах для критериев / И. В. Кононенко, Е. В. Лобач, А. В. Харазий // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2013. – № 59. – С. 6–13. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/OIKIT/2013/OIKIT59/p6-13.pdf> 8. Кононенко И. В. Оптимизация содержания проекта по критериям прибыль, время, стоимость, качество, риски / И. В. Кононенко, М. Э. Колесник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий : сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 1/10 (55). – С. 13–15. 9. Корнеев В. П. Методы оптимизации: методы решения многокритериальных задач / В. П. Корнеев, О. А. Рамеев. – М. : Изд-во ИКСИ, 2007. – 380 с. 10. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений / О. И. Ларичев. – М. : Изд-во "Логос", 2000. – 296 с. 11. Любіцева О. О. Туристичні ресурси України / О. О. Любіцева, Є. В. Панкова, В. І. Стафійчук. – К. : Вид-во "Альтерпрес", 2007. – 369 с. 12. Машунин Ю. К. Методы и модели векторной оптимизации / Ю. К. Машунин. – М. : Изд-во "Наука". – 1986. – 143 с. 13. Мілашовська О. Регіональна політика соціально-економічного розвитку прикордонних регіонів : монографія / О. Мілашовська. – Ужгород : Вид-во "Карпати", 2008. – 512 с. 14. Подиновский В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М. : Изд-во "Наука", 1982. – 256 с. 15. Пономаренко О. І. Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі : навч. посібн. / О. І. Пономаренко, В. О. Пономаренко. – К. : Вид-во "Либідь", 1995. – 240 с. 16. Свіда І.В. Сучасний стан, актуальні проблеми та перспективи розвитку вітчизняного ринку туристичних послуг / І. В. Свіда // Науковий вісник Ужгородського університету : зб. наук. праць. – 2009. – Вип. 28 (7). – С. 64–69. 17. Ткаченко Т. І. Сталий розвиток туризму: теорія, методологія, реалії бізнесу: монографія / Т. І. Ткаченко. – К. : Вид-во КНТЕУ, 2006. – 537 с. 18. Фролов Ю. В. Интеллектуальные системы и управленческие решения / Ю. В. Фролов. – М. : Изд-во МГПУ, 2000. – 294 с.

УДК 681.3

А. Ігнатович, Я. Парамуд

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра електронних обчислювальних машин

МЕТОДИ ШИФРУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МАСКУВАЛЬНИХ СИМВОЛІВ

© Ігнатович А., Парамуд Я., 2015

Проаналізовано ефективність та надійність найвідоміших блокових шифрів. Запропоновано метод шифрування інформації із статичним включенням маскувальних символів. Запропоновано метод шифрування інформації із динамічним включенням маскувальних символів. Обґрунтовано високі показники надійності та ефективності запропонованих методів шифрування.

Ключові слова: метод шифрування інформації, маскувальні символи.

In this article the analysis of effectiveness of the most known block codes is done. Information encryption method with static inclusion of masking symbols is introduced. Also information encryption method with dynamic inclusion of masking symbols is founded. High reliability index and effectiveness of the introduced methods is justified.

Key words: information encryption method, masking symbols.

Вступ

Ефективність та надійність шифрів необхідно розглядати крізь призму часу. Є багато цікавих шифрів, розроблених у минулі століття, але їх вважали неефективними через трудність і складність виконання арифметичних перетворень, низьку продуктивність роботи криптографа тощо. На