

ПРО МЕТОДИ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ, ЩО ҐРУНТУЮТЬСЯ НА РОЗПІЗНАВАННІ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ, ЕВРИСТИЧНІ АЛГОРИТМИ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ІНТЕЛЕКТ

¹Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України, Київ

Описано методи комбінаторної оптимізації, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації, в яких неявно моделюється функція зору людини. Такі методи називають евристичними. В них відтворено правила вибору оптимального рішення людини в ручному режимі. Використання цих методів показано на прикладі задач з розпізнавання мовленнєвих сигналів, проектування друкованого монтажу, задачі кластеризації та методу структурно-алфавітного пошуку.

Ключові слова: комбінаторна оптимізація, комбінаторна конфігурація, контроль друкованого монтажу, розпізнавання мовленнєвих сигналів, кластеризація, метод структурно-алфавітного пошуку, евристичні алгоритми, обчислювальний інтелект.

Вступ

Для розв'язання задач із класів задач комбінаторної оптимізації виділимо такі основні підходи:

а) ітераційні методи та алгоритми, що ґрунтуються на частковому переборі варіантів;

б) методи та алгоритми, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації [1].

Метод найближчого сусіда, «жадібний» алгоритм, метод північно-західного кута, деякі алгоритми розв'язання задач із штучного інтелекту, в яких використано розповсюдження обмеження, ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідних даних [2, 3]. В [4] описано алгоритм перепорядкування довільної матриці з метою знаходження оптимального розв'язку за структурою величин отриманої матриці. До цього напрямку відноситься проблема знаходження підкласів розв'язних задач [1, 5—6]. В оговорених підходах шляхом розпізнавання структури вхідної інформації визначається аргумент, для якого цільова функція набуває оптимального значення. Як правило, відомі методи та алгоритми, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації, ефективні за швидкістю, але результат розв'язання при цьому може бути далекий від оптимального. З цієї причини другому підходу, незважаючи на те, що саме їхнє використання ефективне для розв'язання задач обчислювального інтелекту, в літературі достатньої уваги не приділяють.

До обчислювального інтелекту, як правило, відносять задачі, пов'язані з розпізнаванням образів, звукових (мовленнєвих) сигналів тощо. Але підходи, які використовуються для розв'язання задач комбінаторної оптимізації і ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації, можна віднести до методів обчислювального інтелекту. Як правило, їх називають евристичними, такими, в яких моделюються правила вибору оптимального рішення людини в ручному режимі.

Нижче описано оговорені методи розв'язання деяких задач комбінаторної оптимізації. В них неявно моделюється функція зору людини. Вони характеризуються великою швидкістю і з використанням правил оброблення вхідної інформації, в яких ураховано певні властивості прикладних задач, дозволяють знаходити глобальний або наближений до нього розв'язок.

Математична постановка загальної задачі комбінаторної оптимізації

Задачі комбінаторної оптимізації, як правило, задаються на одній або кількох множинах, наприклад $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ і $B = \{b_1, \dots, b_{\tilde{n}}\}$, елементи яких мають будь-яку природу. Назвемо ці множини *базовими*. Наявні два типи задач. В *першому* типі кожному з цих множин подамо у вигляді графа, вершинами якого є її елементи, а кожному ребру поставлено у відповідність число $c_{lt} \in R$, яке називають вагою ребра (R — множина дійсних чисел); $l \in \{1, \dots, n\}$, $t \in \{1, \dots, \tilde{n}\}$, n — кіль-

кість елементів множини A , \tilde{n} — кількість елементів множини B . Вважатимемо, що $n = \tilde{n}$. Між елементами цих множин існують зв'язки, числове значення яких назвемо вагами. Величини c_{il} назвемо *вхідними* даними і задамо їх матрицями. В *другому* типі задач між елементами заданої множини зв'язків не існує, а вагами є числа $v_j \in R$, $j \in \{1, \dots, n\}$, яким у відповідність поставлено деякі властивості цих елементів, числові значення яких задаються скінченними послідовностями, що також є вхідними даними. Ці величини визначають значення цільової функції.

Для обох типів задач із елементів однієї або кількох із базових множин, наприклад $a_l \in A$, $l \in \{1, \dots, n\}$, утворюється комбінаторна множина W — сукупність комбінаторних конфігурацій певного типу (перестановки, вибірки різних типів, розбиття тощо). На елементах w комбінаторної множини W вводиться цільова функція $F(w)$. Необхідно знайти елемент w^* множини W , для якого $F(w)$ набуває екстремального значення за виконання заданих обмежень.

Для задання цільової функції в явному вигляді та зведення її до одного виразу для різних класів задач комбінаторної оптимізації вхідні дані змодельємо скінченними послідовностями. Для першого типу задач подамо елементи h наддіагоналей симетричної комбінаторної матриці $Q(w^k)$ комбінаторною функцією $\beta(f(j), w^k) \Big|_1^m = (\beta_1(f(1), w^k), \dots, \beta_m(f(m), w^k))$, а елементи h наддіагоналей симетричної матриці C — функцією натурального аргументу $\phi(j) \Big|_1^m = (\phi(1), \dots, \phi(m))$, де $m = \frac{n(n-1)}{2}$ — кількість елементів h наддіагоналей матриць C і $Q(w^k)$, $h = \overline{1, n-1}$, k — порядковий номер w^k в упорядкованій множині W . Якщо матриці $Q(w^k)$ і C — несиметричні, то $\beta(f(j), w^k) \Big|_1^m$ та $\phi(j) \Big|_1^m$ містять усі їхні елементи, а $m = n^2$ (або $m = n \tilde{n}$). Функцію цілі запишемо як

$$F(w^k) = \sum_{j=1}^m \beta_j(f(j), w^k) \phi(j). \quad (1)$$

Сегментація мовленнєвого сигналу

Для розв'язання задачі сегментації мовленнєвого сигналу розроблено багато методів та алгоритмів, що ґрунтуються на кореляційних підходах з використанням динамічного програмування, наприклад [7]. Але в багатьох підходах вона розв'язується і шляхом розпізнавання конфігурації вхідного сигналу. Проведемо сегментацію мовленнєвого сигналу на квазіперіодичні та неперіодичні ділянки, в якому розпізнається його конфігурація [8]. Ця задача полягає у виділенні на заданому відрізку вхідного сигналу майже періодичних і неперіодичних ділянок, а в майже періодичних визначаються довжини поточного майже періоду. Для формулювання математичної постановки цієї задачі використаємо теорію комбінаторної оптимізації.

Відрізок сигналу, що досліджується, розіб'ємо на ділянки довжиною $L \in \{L_{\min}, L_{\min} + \Delta, L_{\min} + 2\Delta, \dots, L_{\max}\}$ з подальшим визначенням майже періодичності сусідніх ділянок; L_{\min} — мінімально можлива довжина майже періоду, L_{\max} — максимально можлива довжина майже періоду, Δ — значення приросту майже періоду (визначається експериментально). Інтегральна міра подібності, яку використано для визначення майже періодичності двох сусідніх ділянок, формулюється з урахуванням кількох критеріїв.

Нехай задано відрізок мовленнєвого сигналу L , який подамо у вигляді числової функції $f(j) \Big|_1^m$, де m — кількість її значень. Вважатимемо, що сусідні ділянки функції $f(j) \Big|_1^m$ майже

періодичні, якщо міри подібності $p_l = \frac{\min(a_l - a_{l-1}, a_{l-1} - a_{l-2})}{\max(a_l - a_{l-1}, a_{l-1} - a_{l-2})} > \varepsilon$;

$$d_l = \frac{\min(b_l - b_{l-1}, b_{l-1} - b_{l-2})}{\max(b_l - b_{l-1}, b_{l-1} - b_{l-2})} > \varepsilon; \quad \pi_l = |p_l - d_l| < \varepsilon', \quad \text{де } t \in \{3, \dots, m(\mu^k) + 1\}; \quad l \in \{1, \dots, m(\mu^k)\};$$

p_l, d_l — елементарні міри подібності, які дозволяють визначити майже періодичність t -ї та $(t+1)$ -ї

ділянок; a_t — відлік, для якого значення функції $f(a_t)$ на ділянці довжиною \tilde{L} найбільше або $\left|f(a_t) - f(x^*)\right| < \varepsilon$, якщо $\frac{\min(a_t - a_{t-1}, \tilde{L})}{\max(a_t - a_{t-1}, \tilde{L})} > \varepsilon$, x^* — відлік, для якого значення функції $f(j)$ найбільше; b_t — відлік, для якого значення функції $f(b_t)$ на цій же ділянці найменше або $\left|f(b_t) - f(b^*)\right| < \varepsilon$, якщо $\frac{\min(b_t - b_{t-1}, \tilde{L})}{\max(b_t - b_{t-1}, \tilde{L})} > \varepsilon$, b^* — відлік, для якого значення $f(b^*)$ — найменше; $\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon''$ — коефіцієнти міри подібності, що визначаються експериментально; $m(\mu^k)$ — кількість ділянок довжиною \tilde{L} , на які розбивається функція $f(j)|_1^m$ на k -й ітерації. В процесі розв'язання задачі формується комбінаторна конфігурація $\mu^k = (\mu_1^k, \dots, \mu_{\eta^k}^k)$ (аргумент цільової функції), яка відноситься до розміщення без повторень, в якій враховується порядок елементів, причому $\mu_\sigma^k < \mu_{\sigma+1}^k$, $\eta^k \in \{1, \dots, m(\mu^k)\}$ — кількість елементів у τ^k . Елемент $\mu_\sigma^k \in \{1, \dots, m\}$ — відлік сигналу, що вказує на кінець σ -го або на початок $(\sigma + 1)$ -го майже періоду $\sigma \in \{1, \dots, \eta^k - 1\}$. Оцінка та вибір оптимального варіанту розв'язку задачі з усіх можливих τ^k проводиться за цільовою функцією, що враховує кілька критеріїв.

Метод структурно-алфавітного пошуку

Метод структурно-алфавітного пошуку ґрунтується на розпізнаванні структури вхідної інформації та заданому впорядкуванні комбінаторних конфігурацій [1]. В ньому використано найпростіший розв'язний випадок, який задано двома системами перестановок. Цей метод, використовуючи значну перевагу за швидкістю, за структурою вхідних даних дозволяє поліноміально знаходити аргумент, для якого цільова функція набуває глобального або наближеного до нього розв'язку. Під розв'язними мається на увазі певний підклас задач, для яких відомий аналітичний спосіб знаходження глобального розв'язку [1, 5].

У методі структурно-алфавітного пошуку використано такі властивості задач комбінаторної оптимізації [1]: а) в задачах комбінаторної оптимізації закономірність зміни значень цільової функції залежить від упорядкування комбінаторних конфігурацій. На підмножині ізоморфних комбінаторних конфігурацій $W_\eta \subset W$ функція цілі змінюється так, як і на множині перестановок (ізоморфні комбінаторні конфігурації містять однакову кількість елементів або блоків), $\eta \in \{1, \dots, n\}$ — кількість елементів або підмножин у $w \in W$; б) упорядкування комбінаторних конфігурацій проводиться підмножинами, на які розбивається їхня множина з використанням незалежних від вхідних даних параметрів; в) для отриманого впорядкування визначається закономірність зміни значень цільової функції з урахуванням структури вхідних даних.

Найпростіший відомий розв'язний випадок, який використано у методі структурно-алфавітного пошуку, задається двома системами перестановок (x) і (y) , на яких уведено цільову функцію $\sum ux$. Для цих систем визначено перестановки, для яких $\sum ux$ набуває найбільшого або найменшого значень. Якщо елементи перестановки із системи (x) впорядковані від більшого елемента до меншого, а із (y) впорядковані від меншого елемента до більшого, то значення $\sum ux$ є глобальним мінімумом. Якщо елементи обох таких перестановок упорядковані від меншого елемента до більшого, то значення $\sum ux$ є глобальним максимумом.

З метою використання описаного розв'язного випадку для знаходження оптимального результату методом розпізнавання структури вхідної інформації введемо системи комбінаторних функцій H і H' , де $\beta(f(j), w^k)|_1^m \in H$ — комбінаторна функція, аргументом якої є перестановка $w^k \in W$, утворена з елементів базової множини $A_n = \{a_1, \dots, a_n\}$, $\beta(f(j), w^i)|_1^m \in H'$ — комбінаторна функція, аргументом якої є перестановка $w^i \in W'$, утворена з елементів базової множини

$\tilde{A}_m = \{ \tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_m \}$. Якщо $\beta(f(j), w^1)_{\parallel}^m = \beta(f(j), w^1)_{\parallel}^m$, де w^1, w^1 — перші перестановки в W , W' і $\beta(f(j), w^1)_{\parallel}^m \in H$, $\beta(f(j), w^1)_{\parallel}^m \in H'$, то $H \subset H'$. Задачу комбінаторної оптимізації, вхідні дані в якій задано функціями $\beta(f(j), w^k)_{\parallel}^m$ і $\phi(j)_{\parallel}^m$, назвемо базовою (або задачею системи H). Задачу, вхідні дані в якій задано функціями $\bar{\beta}(f(j), w^i)_{\parallel}^m$ (або $\bar{\beta}(f(j), w^t)_{\parallel}^m$), де $\bar{\beta}(f(j), w^i) \geq \bar{\beta}(f(j+1), w^i)$ (або $\bar{\beta}(f(j), w^t) \leq \bar{\beta}(f(j+1), w^t)$), та $\bar{\phi}(j)_{\parallel}^m$ (або $\bar{\phi}(j)_{\parallel}^m$), де $\bar{\phi}(j) \leq \bar{\phi}(j+1)$ (або $\bar{\phi}(j) \geq \bar{\phi}(j+1)$), утворених із $\beta(f(j), w^k)_{\parallel}^m$ та $\phi(j)_{\parallel}^m$, назвемо впорядкованою (або задачею системи H'). Цільова функція набуває вигляду (1).

За розробленими правилами за комбінаторними функціями із системи H' (розв'язний випадок), упорядкованими за зростанням або спаданням їхніх значень, для базової задачі (системи H) знаходимо послідовність локальних оптимумів, серед яких може бути і глобальний. Побудова перестановок та знаходження у визначеній підмножині оптимального (можливо і глобального) розв'язку для різних класів задач проводиться за різними правилами. Використання розв'язного випадку, заданого двома множинами перестановок, та розпізнавання структури вхідної інформації у методі структурно-алфавітного пошуку дозволяє без перебору варіантів відтинати неефективні розв'язки і знаходити підмножину, яка містить глобальний оптимум.

Розв'язання задач комбінаторної оптимізації з використанням методу, що ґрунтується на розпізнаванні вхідної інформації, в умовах невизначеності

Прийняття оптимального рішення в задачах комбінаторної оптимізації, зокрема в задачах обчислювального інтелекту (розпізнавання образів, клінічної діагностики тощо) проводиться в умовах невизначеності різної природи, що пов'язана з нечіткою, неповною вхідною та поточною інформацією, з нечітко розробленими правилами обробки та оцінки інформації, некоректним використанням розроблених правил, з деякими незалежними факторами, які складно прогнозувати [9]. В процесі розв'язання цих задач невизначеність може виникати і внаслідок неоднозначності результату, отриманого за змодельованою цільовою функцією або вибраною мірою подібності у разі нечіткої вхідної інформації, який не задовольняє мету дослідження, особливої структури множини комбінаторних конфігурацій, що є аргументом цільової функції, неоднозначністю при виборі оптимального розв'язку за кількома критеріями в багатокритеріальній оптимізації. Одним зі способів вирішення цієї ситуації є розроблення самоналагоджувальних алгоритмів, в яких використано метод розпізнавання структури вхідної інформації. [10].

Розглянемо ситуацію невизначеності, пов'язану з неоднозначністю при виборі оптимального розв'язку в задачах, в яких множина W складається з підмножин ізоморфних комбінаторних конфігурацій $W_{\eta} \in W$. В цьому разі для виходу з оговореної ситуації генерується додаткова поточна інформація з урахуванням прогнозу майбутніх результатів, яку неможливо задати за умовою, та вводяться змінні критерії, які утворюють лінійну згортку. В процесі розв'язання задачі проводиться розпізнавання структури вхідної інформації.

Закономірність зміни значень цільової функції залежить від упорядкування комбінаторних конфігурацій в їхній множині, тому $F(w)$ на множині W , яка складається з підмножин комбінаторних конфігурацій, змінюється однаково незалежно від вхідних даних. В процесі розв'язання задачі може створюватися ситуація, коли значення цільової функції з урахуванням заданих за умовою критеріїв для усіх можливих варіантів розв'язку $w \in W$ — однакове. Тобто, виникає ситуація невизначеності за структурою аргументу, яку можна вирішити самоналагоджувальним алгоритмом. Оскільки в ньому використано правила прийняття рішень людиною, то його називають евристичним. Розглянемо задачу розбиття елементів заданої множини A на неперетинні підмножини $w_s \subset w$, яка має місце в різних задачах обчислювального інтелекту, де $s \in \{1, \dots, \eta\}$. За перший критерій приймаємо кількість прямих зв'язків між елементами, які відносяться до одного і того ж типу. За цим критерієм в процесі розв'язання задачі знаходиться такий варіант розв'язку, для яко-

го сумарна кількість заданих за умовою зв'язків між підмножинами $w_s \subset w$ — мінімальна. Якщо елементи не мають прямих зв'язків між собою, то в процесі розв'язання задачі вводяться інші критерії, які дозволяють враховувати степінь непрямого зв'язку для довільної пари базових елементів. Назвемо критерії змінними одноразовими, якщо вони використовуються один раз, та змінними багаторазовими, які використовуються багато разів в ітераційному режимі. Урахування додаткових критеріїв дозволяє знайти оптимальний розв'язок у випадку, коли за першим критерієм для різних варіантів розв'язку задачі отримуємо однакові значення цільової функції $F(w)$. З цією метою вводиться часткове розбиття базової множини A , що утворюється в процесі роботи самоналагоджувального алгоритму з використанням уведених критеріїв. Також виділяється з базової множини підмножина ще нерозподілених елементів із A .

Для визначення кількості зв'язків як прямих так і непрямих вводяться матриці, якими задається постійна та згенерована інформація. Якщо використання введених критеріїв приводить до рівнозначних варіантів розв'язку задачі, то для усунення ситуації невизначеності вводяться змінні критерії, які враховуються в процесі розв'язання задачі багато разів. Для кожного часткового варіанту розбиття w в ітераційному режимі формується матриця, за якою обчислюється значення змодельованої цільової функції. Тобто, задача кластеризації зводиться до динамічної задачі.

Один спосіб контролю топології друкованих плат, що ґрунтується на розпізнаванні структури друкованого монтажу

Під час внесення змін у результати автоматичного проектування друкованих плат особливо важливою є задача контролю топології, тобто встановлення відповідності друкованого монтажу заданій електричній схемі. Вхідними даними в цій задачі є електрична схема і друкований монтаж, виконаний згідно із заданою схемою. Як правило, її розв'язують таким чином. Спочатку за топологією друкованого монтажу формують список електричних зв'язків. Потім утворений список порівнюють із заданим. Цей спосіб вимагає додаткових ресурсів на оперативну пам'ять і збільшує час обчислень. У проектуванні великих інтегральних мікросхем актуальною є проблема оптимізації витраченого на розв'язок поставленої задачі часу. В [11] для контролю топології друкованого монтажу реалізовано принцип «продзвонки» електричних зв'язків, який використовують під час його перевірки вручну, тобто розв'язок задачі ґрунтується на розпізнаванні структури вхідних даних. На першому етапі проводиться розфарбування компонент графа G , яким задається топологія друкованого монтажу. Кожній компоненті присвоюється свій символ. На другому кроці розпізнаються символи, які знаходяться на місці монтажних отворів плати. Якщо для j -го електричного зв'язку на місці усіх монтажних отворів знаходиться той самий символ, то друкований провідник відповідає заданому електричному зв'язку, тим самим друкований монтаж відповідає заданій електричній схемі. Розроблений алгоритм виключає процедуру порівняння двох списків, завдяки чому він характеризується величезною швидкодією.

Висновки

Отже, використання підходів для розв'язання задач різних класів комбінаторної оптимізації, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації та які називають евристичними, можна віднести до задач обчислювального інтелекту. Як показала програмна реалізація описаних у статті методів та алгоритмів при розв'язанні прикладних задач великих розмірностей з урахуванням певних властивостей вхідної інформації наближений до глобального або і глобальний результат знаходиться поліноміально. За точністю вони не гірші відомих точних методів, які зі збільшенням розмірності задачі є експоненціальними. Наприклад, методом віток і меж глобальний розв'язок для задачі комівояжера розмірністю $n = 7$, яка описана в [12], знайдено за 29 ітерацій. Методом структурно-алфавітного пошуку той самий результат для цієї задачі отримано за дві ітерації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тимофієва Н. К. Теоретико-числові методи розв'язання задач комбінаторної оптимізації. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Київ. — 2007. — 32 с.
2. Пападимитриу Х. Комбінаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность / Х. Пападимитриу, К. Стайглиц. — М.: Мир, 1985. — 510 с.
3. Кветний Р. Н. Визначення сенсу текстової інформації на основі моделі розповсюдження обмежень / Р. Н. Кветний, О. В. Бісікало, І. О. Назаров // Інформаційно-вимірювальні та обчислювальні системи і комплекси в технологічних процесах. — 2012. — № 1. — С. 93—96.

4. Шкурба В. В. О математической обработке одного класса биохимических элементов / В. В. Шкурба // Кибернетика. — 1965. — № 1. — С. 62—67.
5. Тимофеева Н. К. Подклассы разрешимых задач из классов задач комбинаторной оптимизации / Н. К. Тимофеева // Кибернетика и системный анализ. — 2009. — № 2. — С. 97—105.
6. Corrizosa Emilio. Solving nonconvex planar location problems by finite dominating sets (2000) / Corrizosa Emilio, Namacher Horst W., Klein Rolf, Nickel Stefan // J. Glob. Optimiz. — 2000. — Vol. 18, № 2. — Pp. 195—210.
7. Винцюк Т. К. Анализ, распознавание и интерпретация речевых сигналов / Т. К. Винцюк. — К. : Наукова думка, 1987. — 262 с.
8. Тимофієва Н. Ітераційний алгоритм автоматичного визначення квазіперіодичних і неперіодичних ділянок мовного сигналу / Надія Тимофієва // Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів : Третя Всеукр. Міжнародн. конференція. Київ, 26—30 листопада 1996 року. — К., 1996. — С. 132—134.
9. Тимофієва Н. К. Про розв'язання задач комбінаторної оптимізації в умовах невизначеності / Н. К. Тимофієва // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2012. — № 6. — С. 157—162.
10. Тимофієва Н. К. Самоналагоджувальні алгоритми знаходження невизначених параметрів у задачах комбінаторної оптимізації / Н. К. Тимофієва // УСИМ. — 2009. — № 4. — С. 43—47.
11. Тимофеева Н. К. Проблемы контроля топологии печатного монтажа / Н. К. Тимофеева // Численные методы и технология разработки пакетов прикладных программ : сб. науч. тр. — К., 1990. — С. 42—47.
12. Рейнгольд Э. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика : пер. с англ. / Э. Рейнгольд, Ю. Нивергельт, Н. Део — М. : Мир, 1980. — 476 с.

Рекомендована кафедрою автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 20.11.2014

Тимофієва Надія Костянтинівна — д-р техн. наук, ст. наук. співроб., пров. наук. співроб. відділу комплексних досліджень інформаційних технологій, e-mail: Tymnad@gmail.com.

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України, Київ

N. K. Tymofieva¹

About methods of combinatorial optimization, that are based on recognition of input data, heuristic algorithms and calculable intellect

¹International Scientific and Training Center for Information Technologies and Systems of National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv

The methods of combinatory optimization based on recognition of the structures of entrance information, in which the human visual function is unobviously designed are described in the paper. Such methods are called heuristic. They allow reproducing the rules of choice of human optimal decision in the manual mode. The use of these methods is shown on the example of tasks from recognition of speech signals, planning of printed-circuit, task of clusterization and method of structural-alphabetic search.

Keywords: combinatorial optimization, combinatorial configuration, control of typographical plate, recognition of speech, problem of clustering, method of structural-alphabetic search, heuristic algorithms, calculable intellect.

Tymofieva Nadiia K. — Dr. Sc. (Eng.), Senior Research Assistant, Leading Research Assistant of Department of Complex researches of Information Technologies, e-mail: Tymnad@gmail.com

Н. К. Тимофеева¹

О методах комбинаторной оптимизации, основанных на распознавании входной информации, эвристических алгоритмах и вычислительном интеллекте

¹Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины, Киев

Описаны методы комбинаторной оптимизации, основанные на распознавании структуры входной информации, в которых неявно моделируется функция зрения человека. Такие методы называют эвристическими. В них воспроизводятся правила выбора оптимального решения человека в ручном режиме. Использование этих методов показано на примере задач из распознавания речевых сигналов, проектирования печатного монтажа, задачи кластеризации и метода структурно-алфавитного поиска.

Ключевые слова: комбинаторная оптимизация, комбинаторная конфигурация, контроль печатного монтажа, распознавание речевых сигналов, кластеризация, метод структурно-алфавитного поиска, эвристические алгоритмы, вычислительный интеллект.

Тимофеева Надежда Константиновна — д-р техн. наук, ст. научн. сотр., ведущий. научн. сотр. отдела комплексных исследований информационных технологий, e-mail: Tymnad@gmail.com