

УДК 519.816

Надія Тимофієва, д-р техн. наук, ст. наук. співр.

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

ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СХЕМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ІЗ СЕМАНТИКИ

Розглянуто задачі, які виникають в штучному інтелекті та відносяться до семантики. Показано, що розпізнавання багатодикторного мовлення, розпізнавання чоловічого, жіночого та дитячого голосу, задача клінічної діагностики відносяться до задач із семантики, тому що в них досліджується заданий об'єкт на зміст. Розглядаються способи встановлення їхньої суті автоматичним способом.

Ключові слова: семантика, штучний інтелект, комбінаторна конфігурація, розпізнавання мовлення, клінічна діагностика.

Nadija K. Tymofijeva

ABOUT COMPUTING SCHEMES OF SOLVING A SEMANTIC PROBLEM

The problems that arise in artificial intelligence and relate to semantics are considered. It is shown that the recognition of multidirectional speech, the recognition of male, female and child voices, problem of clinical diagnostics relate to problems of semantics, because they examine the given object on the content. Methods of installation are considered to establish their essence in an automatic way.

Keywords: Semantics, Artificial Intelligence, Combination Configuration, Speech Recognition, Clinical Diagnostics.

Вступ. Розглядаються деякі задачі із семантики, які відносяться до штучного інтелекту. Будуються їхні математичні моделі з використанням теорії комбінаторної оптимізації та проведено спробу автоматизувати їхній розв'язок.

Постановка задачі. Задачі із семантики, які потребують встановлення суті предмета, досить складні для автоматизації їхнього розв'язання. В статті наводяться обчислювальні схеми розв'язання деяких задач цього класу.

Підхід, що пропонується. Для автоматизації розв'язання задач із семантики розроблено їхні математичні моделі з використанням теорії комбінаторної оптимізації. Показано, що вхідні дані та аргумент цільової функції в них є комбінаторні конфігурації різних типів. З використанням їхніх властивостей розроблено обчислювальну схему розв'язання цих задач.

Основна частина. Семантика в мовознавстві вивчає смисл слів, речення, а в інших науках – певні об'єкти з точки зору їхньої суті. Вона має місце в різних галузях: мовознавстві, комп'ютерних науках, зокрема і в штучному інтелекті. Як інструмент для її вивчення використовують семантичний аналіз, який встановлює значення об'єкта, що розглядається. Для побудови моделей задач цього класу використовують семантичне моделювання.

До задач із семантики віднесемо такі, в яких необхідно встановити суть об'єкта. Це – розпізнавання дитячого, жіночого, чоловічого голосу, багатодикторне мовлення, задача клінічної діагностики, порівняння текстів на плагіат тощо. Ці задачі відносяться до задач розпізнавання. В них, крім кількості операцій, затрачених на знаходження глобального розв'язку, необхідно урахувувати і міри подібності, які в задачах цього класу відіграють основну роль та від вибору яких в значній мірі залежить сам розв'язок. Розв'язання задач розпізнавання вимагає уведення певної ознаки подібності, яка

оцінюється за шкалою “так” або “ні”. Позначимо $g^+(x, y) = 1$ міру подібності, за допомогою якої отримуємо глобальний розв'язок, x, y – об'єкти, що порівнюються. Якщо $g^-(x, y) = 0$, то за вибраною мірою не знаходимо жодного розв'язку; якщо $g_j(x, y) \in \{1, \dots, 0\}$, то вибрана міра дозволяє знайти допустимий розв'язок. Тобто, якщо $g^+(x, y) = 1$, то задача є розв'язною за ознакою подібності або за структурою вхідних даних. Задача пошуку еталону в бібліотеці еталонів, що відповідає вхідним даним, повним перебором є NP -повна. Але вона стає поліноміально розв'язною, якщо за певними ознаками проведено структурування бібліотеки еталонів.

Розпізнавання дитячого, жіночого, чоловічого голосу. Задача розпізнавання дитячого, жіночого, чоловічого голосу проводиться шляхом аналізу сигналу на значення амплітуди, довжини періоду основного тону. Ця задача є розв'язною, оскільки оговорені параметри можна описати достатньо строго. В ній встановлюється суть предмету, тому її можна віднести до задач із семантики. В цій задачі в деяких випадках може бути ситуація невизначеності, якщо чоловік має жіночий голос і навпаки – жінка має чоловічий голос. Завдяки уведенням додаткових умов цю задачу можна звести до частково розв'язної.

Подамо обчислювальну схему її розв'язання.

1. Проведемо сегментацію вхідного сигналу, який описується комбінаторною конфігурацією (розміщення з повтореннями), на періодичні та неперіодичні ділянки алгоритмом [1], а в періодичних виділимо майже періоди.

2. За результатами сегментації встановимо середню довжину періоду основного тону (частоти сигналу).

3. Визначимо середнє значення амплітуди сигналу.

4. Порівняємо отримані дані з еталонними.

5. Встановимо тип голосу (дитячий, жіночий чи чоловічий).

Багатодикторне мовлення. Мовленнєві сигнали, що відповідають одному і тому ж слову, але вимовлені різними дикторами, відрізняються як частотою так і величиною амплітуди. Тут, як і в розпізнаванні мовлення, проводиться знаходження для вхідного сигналу найбільш правдоподібного еталону з усіх можливих еталонних сигналів. Але для розпізнавання необхідно проводити адаптацію до голосу нового диктора. Ця задача частково відноситься до семантичного аналізу, оскільки необхідно розпізнати індивідуальний голос.

Мовленнєвий сигнал, який є вхідною інформацією, описується комбінаторною конфігурацією (розміщення з повтореннями). Подамо його мультимножиною. Вона формально визначається як пара (A, m) де $m: A \rightarrow N$ функція з A в множину N натуральних чисел, тобто кожному елементу множини A відповідає певне натуральне число, яке називається кратністю цього елемента. Мовленнєвий сигнал задамо послідовністю $f \upharpoonright_1^{\bar{n}} = (f_1, f_2, \dots, f_{\bar{n}})$, де f_j – значення амплітуди у відліку j заданого сигналу. Наведемо обчислювальну схему розв'язання цієї задачі.

1. Проведемо сегментацію вхідного сигналу на майже періодичні та неперіодичні ділянки алгоритмом [1].

2. Поточний майже період розділимо на k відліків та опишемо його мультимножиною, яку задамо основою $(f \upharpoonright_1^k, m)$, де k – величина, яка визначається експериментально і повинна бути однаковою для будь-якого відрізка сигналу. В j -му відліку повинно бути лише одне значення f_j .

3. Еталон, за яким встановлюється подібність майже періоду, моделюється аналогічно.

4. Визначимо подібність вхідного сигналу та еталонного за виразом $|f_j - f_j'| \leq \varepsilon$ та $|m_j - m_j'| \leq \varepsilon'$, де f_j' – значення сигналу еталона у відліку j , m_j' – кратність елемента f_j' , ε , ε' – мінімальні величини, за якими встановлюється подібність вхідного і еталонного сигналів, визначаються експериментально.

Розпізнавання мовлення. При розпізнаванні мовлення шляхом порівняння встановлюється дослівна подібність вхідного сигналу та еталону без аналізу на смислове значення слів (речення). Оскільки розпізнавання мовлення не встановлює значення слова чи речення, то ця задача не відноситься до задач семантики. Але, якщо при розпізнаванні мовлення певне слово, яке передається вхідним сигналом, розпізнається неправильно, то постає задача встановлення його суті, що є проблемою семантики. В цьому разі її розв'язання проводиться в умовах невизначеності.

Задача клінічної діагностики. Ця задача полягає у знаходженні для множини ознак, які характеризують захворювання пацієнта та є вхідними даними, найбільш правдоподібного одного або кількох еталонів із множини захворювань, тобто за вхідними ознаками встановлюється одне або кілька захворювань [2]. Ознаки в цій задачі відіграють роль критеріїв, за якими оцінюється її розв'язок. Оскільки в ній встановлюється суть об'єкту, то її віднесемо до задач із семантики.

Побудуємо математичну модель задачі клінічної діагностики як задачу комбінаторної оптимізації [2]. Позначимо $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ множини захворювань, описання яких знаходиться в бібліотеці (множина еталонів), де елемент $a_s \in A$, $s \in \{1, \dots, n\}$, відповідає певному захворюванню, якому поставлено у відповідність характерні ознаки $V^{(t)} = (v_1^{(t)}, v_2^{(t)}, \dots, v_{q_t}^{(t)})$, q_t – кількість ознак t -го захворювання. Вхідною інформацією в задачі клінічної діагностики є множина ознак $\tilde{V} = (\tilde{v}_1, \tilde{v}_2, \dots, \tilde{v}_{\tilde{q}})$, що описує одне або кілька захворювань. Позначимо їх $B = \{b_1, \dots, b_{\tilde{n}}\}$, де $b_p \in B$, $p \in \{1, \dots, \tilde{n}\}$ – захворювання, яке потрібно визначити, \tilde{n} – кількість можливих захворювань, а $q_t \neq \tilde{q}$ або $q_t = \tilde{q}$. Ознаки $\tilde{v}_r \in \tilde{V}$ вхідної інформації мають той же зміст, що і описані в еталоні ознаки $v_l^{(t)} \in V^{(t)}$, $r \in \{1, \dots, \tilde{q}\}$, $l \in \{1, \dots, q_t\}$.

Задача полягає у знаходженні для B із множиною ознак \tilde{V} найбільш правдоподібного одного або кількох еталонів із множини $A = \{a_1, \dots, a_n\}$, тобто за вхідними ознаками встановлюється одне або кілька захворювань $b_p \in B$. Ознаки в цій задачі відіграють роль критеріїв, за якими оцінюється її розв'язок.

При встановленні діагнозу виникають такі ситуації:

- якщо $\tilde{q} = q_t$ і для будь-якого $\tilde{v}_r \in \tilde{V}$ існує в $V^{(t)}$ однаковий елемент $v_s^{(t)}$, $r = \overline{1, \tilde{q}}$, $s \in \{1, \dots, q_t\}$, а в бібліотеці не існує іншого аналогічного еталону, то задача клінічної діагностики є розв'язною.

- якщо $\tilde{q} \leq q_t$ і для будь-якого $\tilde{v}_r \in \tilde{V}$ існує в $V^{(t)}$ однаковий елемент $v_s^{(t)}$, а в бібліотеці є еталони, при порівнянні яких із вхідними ознаками значення цільової функції – однакове, то при розв'язанні задачі клінічної діагностики виникає ситуація невизначеності, яку необхідно розв'язувати диференціальним діагнозом з урахуванням додаткових критеріїв.

- якщо $\tilde{q} > q_t$, то вхідні дані описують кілька захворювань або вони містять дані, які не занесено в бібліотеку. В цьому випадку необхідно забезпечити автоматичне

внесення нової інформації, тобто на етапі розроблення програм необхідно забезпечити процес самонавчання системи.

Для розв'язання цієї задачі необхідно провести пошук певного еталону в бібліотеці та порівняти його із вхідними ознаками. Тобто, ця задача розділяється на дві підзадачі: а) задача порівняння ознак еталону та вхідних ознак, за якими встановлюється діагноз; б) задача перебору еталонів.

Розглянемо задачу порівняння ознак еталону $V^{(t)} = (v_1^{(t)}, v_2^{(t)}, \dots, v_{q_t}^{(t)})$, які визначають t -е захворювання, та вхідних ознак $\tilde{V} = (\tilde{v}_1, \tilde{v}_2, \dots, \tilde{v}_{\tilde{q}})$, за якими необхідно встановити діагноз. Позначимо $u_l(v_s^{(t)}, \tilde{v}_r)$ елементарну міру подібності між елементами множин \tilde{V} та $V^{(t)}$. Вважаємо, що числове значення міри подібності між елементами $v_s^{(t)} \in V^{(t)}$ та $\tilde{v}_r \in \tilde{V}$ є вхідними даними та задаються матрицями.

Задача порівняння еталону та вхідних ознак полягає в знаходженні такого розміщення без повторення, для якого змодельовані цільові функції набувають максимального значення.

В задачі перебору еталонів $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ як ваги між елементами $a_s \in A$ та вхідними даними \tilde{V} виступають значення інтегральних мір подібності, одержаних за заданими цільовими функціями при порівнянні ознак еталону та вхідних ознак.

Задача пошуку бібліотечного еталону, який відповідає вхідному, полягає у знаходженні такого сполучення без повторення, для якого значення часткових критеріїв, за якими оцінюється результат розв'язку, були б найбільшими.

Як видно з постановки задачі перебору еталонів, пошук еталону, подібного до вхідного \tilde{V} , потребує повного перебору. Цю задачу можна звести до розв'язної шляхом структуризації бібліотеки еталонів за певними ознаками, наприклад за типом захворювання. Кожне захворювання має описуватися множиною ознак, які задають клінічні форми і стадії. Окремо варто виділити захворювання, які характеризуються однаковими ознаками, а також визначити однакові для групи захворювань ознаки, що дозволить звужувати область оптимального пошуку. Тобто, на етапі структуризації бібліотеки розв'язується задача кластеризації, аргументом цільової функції в якій є розбиття n -елементної множини на підмножини.

Висновки. Отже, розглянуті задачі відносяться до семантики, тому, що в них проводиться аналіз предмета на сутність. Вони досить складні для програмної реалізації. Тому не всі задачі цього класу можна розв'язувати автоматично. Для них характерна ситуація невизначеності, пов'язана з неповною вхідною та поточною інформацією, яку не завжди можна задати у вхідних даних чи бібліотеці еталонів.

Література

1. Тимофієва Надія Ітераційний алгоритм автоматичного визначення квазіперіодичних і неперіодичних ділянок мовного сигналу // Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів. Третя Всеукр. Міжнародн. конференція. Київ, 26–30 листопада 1996 року.– К.: 1996. – С. 132–134.
2. Тимофієва Н.К., Гриценко В.И. Аргумент цільової функції в задачі клінічної діагностики // УСИМ. – 2012. – № 3 – С. 3 – 14.