ПРО МОЖЛИВОСТІ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ПРИРОДНИХ МОВ

Кохан Я. О.

Для формалізації природних мов запропоновано користуватися формальними логічними мовами нового типу: функційними мовами, які, на відміну від предикатних мов сучасної логіки, є доволі близькими за структурою до природних мов. Наводиться обширний перелік особливостей природних мов, які піддаються формалізації у функційних мовах.

Ключові слова: *формалізація, природні мови, функційні мови.*

Вступ

Ряд задач побудови програмних систем (зокрема, але не тільки, пов'язаних зі штучним інтелектом) потребують аналізу текстів, укладених природними мовами. В той же час, формальний аналіз природних мов досі становить не розв'язану наукову й технічну проблему.

Відомі такі засоби постановки й розв'язання цієї проблеми, як формальні мови логіки предикатів, формальні граматики та різноманітні алгебраїчні теорії («моделі»). Всі ці засоби мають свої недоліки. Формальні граматики та алгебраїчні моделі не дозволяють будувати виводи, а отже, моделювати міркування. Предикатні ж мови логіки погано пристосовані до формалізації речень і текстів природних мов. Досі це пояснювали нерегулярністю та поганою струтурованістю природних мов (напр., Марков [1, с. 33]). Насправді, проблема полягає лише в тому, що, логічна структура предикатних мов (і, що вже не очевидно, семантика) суттєво відрізняється від структури (а також семантики) природних мов. Таким чином, для успішної формалізації потрібно знайти клас формальних мов, близьких за будовою до мов природних. Надалі описуються такі мови та принципи формалізації в них фрагментів природних мов.

Постановка задачі

Наше завдання — знайти такі формальні мови, які б годилися для формалізації будь-яких правильно побудованих речень та текстів, укладених природними мовами. Такі мови були введені автором в [2] і більш детально описані в [3]. Автор називає ці мови *функційними* на противагу до сучасних *предикатних* мов логіки.

Під *функцією* у функційних мовах ми розуміємо часткове мультивідображення. Граничним випадком функцій є 0-місні функції. Аргументами й значеннями функцій є (логічні) предмети. *Предмет* — це будь-що, про що ми ведемо мову. Окремі значення функцій можна індексувати функціями вибору, так що i-те значення функції $f^{(n)}$ на аргументах $a_1, \ldots, a_n$ (яке ми називатимемо *вибором по функції* $f^{(n)}$) позначиться через

$$f^i(a_1, \ldots, a_n).$$

Такі вирази ми називаємо *відзначеними* (індексом i фіксованої функції вибору). Оскільки функції можуть мати на кожному даному наборі аргументів (якщо функція має аргументні місця) будь-яку кількість значень, відмінну від 1, відношення «a_0 є значенням (одним із значень, якщо такі взагалі існують) функції $f^{(n)}$ на аргументах $a_1, \ldots, a_n$» є не рівністю, а узагальненням рівності, яке автор називає *представленням*, і яке має форму

$$a_0 \approx f(a_1, \ldots, a_n),$$

де '$\approx$' — знак представлення.

Квазітермом у функційних мовах називається (мовний) вираз на позначення значення функції, *термом* — вираз на позначення предмета, *квазіформулою* — вираз на позначення відношення, *формулою* — вираз на позначення 0-місного відношення. Відзначені квазітерми можна квантифікувати так само, як ми квантифікуємо зв'язані змінні предикатних мов. Для цього можна використовувати одну з двох запропонованим автором у [3], [4] технік. В логічному аналізі мови ви використовуємо другу з них, ставлячи зірочку справа від зв'язаного квазітерма, так що з 's^i' (вільний відзначений квазітерм) отримуємо 's^{i*}' (зв'язаний відзначений квазітерм).

Атомарні квазіформули у функційних мовах називаються *формулами представлення* і мають вигляд

$$(s \approx t), \tag{1}$$

де s — відзначений квазітерм або квазіформула, а t — квазітерм або квазіформула. Ми називаємо s *результантом* квазіформули (1), а t — її *характеристикою*.

Поняття квазіформули задається рекурсивно (індуктивно): до квазіформул належать атомарні квазіформули, поєднання квазіформул за допомогою сентенційних сполучників та результати квантифікації квазіформул. Скорочено квазіформули можна писати без зовнішніх дужок. Формули — це квазіформули, всі входження зв'язаних квазітермів у які суть входження або в квантор, або в область дії квантора (тобто є зв'язаними).

У функційних мовах будуються логічні числення (див. [3]), що дозволяє говорити про *логіку функцій* (*функційну логіку*) як розділ логіки.

Основна частина

Формули формальних мов формалізують речення природних мов. При цьому результант-терм у всякій формулі представлення відповідає групі підмета відповідного речення, знак представлення — дієслову-зв'язці «бути» або її замінникам, як українське тире або конструкція «— це» (можуть бути відсутніми; це означає наявність *лакуни* в реченні), а характеристика-квазітерм — групі присудка. Через варіативність порядку слів у реченні в багатьох природних мовах, ми модифікуємо формули представлення, виставляючи двокрапку біля знака представлення з боку характеристики, так що отримуємо

$$(s \approx: t) \text{ і } (t :\approx s) \tag{2}$$

або ‘$s \approx: t$’ і ‘$t :\approx s$’ відповідно.

На даний момент відомо, як у функційних мовах формалізовувати такі аспекти природних мов (частковий опис див. у [4], [5]), як:

1. Групи підмета й присудка, дієслово-зв’язка (див. вище).

2. Порядок слів у реченні. Знак функції може писатися при аргументах як префікс, суфікс чи інфікс [6, с. 64], отже, значення $f(a_1, \ldots, a_n)$ функції $f^{(n)}$ при аргументах $a_1, \ldots, a_n$ можна записати у вигляді ‘$s_0, \ldots, s_i, \ldots, s_{n+1}$’ або ‘$(s_0, \ldots)s_i(\ldots, s_{n+1})$’, де (‘$\doteq$’ означає тотожність) ‘$f$’$\doteq$ ‘s_i’ для деякого $0 \leqslant i \leqslant n$ і $<$‘s_0’, …, ‘s_{i-1}’,‘s_{i+1}’, …, ‘s_{n+1}’$>\doteq<$ ‘a_1’, …, ‘a_n’$>$. Якщо група підмета розриває групу присудка, пишемо: ‘$t :\approx s \approx: r$’ і под.

3. Загальні назви — як відзначені терми на позначення виборів по 0-місних функціях.

4. Квантифікація сталих і неелементарних виразів. «Це дерево хвойне» — ‘$f^i \approx: g$’, «Не всі дерева хвойні» — ‘$\neg\forall f^{i*}(f^{i*} \approx: g)$’.

5. Граматична категорія множини і оперування нечіткими класами. Вводимо позначення ‘$s^{\propto}$’ для значень логічної функції «підмножина множини всіх s-предметів». Маємо: «Ця гора висока» — ‘$f^i \approx: g$’, «Ці гори високі» — ‘$f^{\propto i} \approx: g$’.

6. Граматична категорія дії. Дієслова, дієприкметники та дієприслівники зображаються як часові вектори: ‘$\vec{f}$’, ‘$\vec{g}(x)$’ etc. Для інфінітива вживаються зв’язані предметні змінні в позиції результанта; при цьому є сенс ввести два списки таких змінних: загальний (напр.: ‘x_i’, ‘y_i’, ‘z_i’, де $i \in \mathbb{N}$) і на позначення істот (напр.: ‘$\dot{x}_i$’, ‘$\dot{y}_i$’, ‘$\dot{z}_i$’).

7. Граматична категорія часу. Для слов’янських мов достатньо виставляти показник ‘$-$’ минулого, ‘$\circ$’ теперішнього та ‘$+$’ майбутнього часу при знаках часових понять в якості верхнього індекса: «Ігор був правий» — ‘$f^i \approx:^{-} g$’, «Ігор працюватиме» — ‘$f^i \approx: \vec{g}^{+}$’, «Ігор жує» — ‘$f^i \approx: \vec{g}^{\circ}$’. Для мов з іншою системою простих часів будуть потрібні інші показники. Інфінітив не має показника часу: «Жувати» — ‘$x \approx: \vec{g}$’, ‘$\vec{g} :\approx x$’ (послідовність запису залежить від контексту).

8. Опредмечування (гіпостазування) понять, або, на лінгвістичному рівні, номіналізація пропозиційних виразів. «Працювати» — ‘$\dot{x} \approx: \vec{f}$’, «праця» — ‘f^{λ}’ і ‘$[^{\dot{x} \approx: f}\lambda]$’, «Сізіф працює» — ‘$s \approx: \vec{f}^{\circ}$’, «сізіфова праця» — ‘$[^{s \approx: f}\lambda]$’. Грецька лямбда означає тут відсутність аргументів у функції $f^{(0)}$ (хоча, її можна виставляти і після списку конвертованих аргументів: «вбивство Брутом Цезаря» — ‘$[^{b^i \approx: f c^j}\lambda]$’; про конверсію див. [8]).

9. Вираження відношень між відношеннями (включно з властивостями): «Завтра Ігор працюватиме» — ‘$h :\approx (f^i \approx: \overrightarrow{g^{+}})$’. Прийменники є різновидом позначення таких відношень (див. приклад у наст. п.)

10. Незамкнені пропозиційні вирази у ролі замкнених. «Плавати — це пересуватися у воді» — ‘$(x \approx: \overrightarrow{f}) \approx: [(x \approx: \overrightarrow{g}) \approx: \mathbf{in}(h^{\lambda})]$’.

11. Лакунні вирази (elliptical expressions), зокрема, безособові речення і фрази з остенсивною вказівкою. На позначення лакуни у виразі ми вживаємо порожню букву ‘$\star$’ із теорії машин Тьюрінга [9]. Остенсивна вказівка: «Це — гора» — ‘$\star^i \approx: f$’, «Це — гори» — ‘$\star^i \approx: f^{\propto}$’; безособові речення: «Сутеніло» — ‘$\star \approx: \overrightarrow{f^{-}}$’, «Віє холодом» — ‘$\star \approx: \overrightarrow{f^{\circ}}(g^{\lambda})$’.

12. Розрізнення кількісних і порядкових числівників як позначень для кардиналів і ординалів відповідно, а також конкретного й абстрактного вживання числівників. Кількісний числівник, конкретне вживання: «До мене підійшли троє» — ‘$\mathbf{to}(\mathbf{az}^i) :\approx (\overrightarrow{g^{-}} :\approx \mathbf{3}^i)$’, абстрактне вживання: «Три — це число» — ‘$\mathbf{3}^{\lambda} \approx: \mathbf{num}$’; порядковий числівник (зображається як абстрактний (логічний) вектор, що означає впорядкованість послідовностей, елементи яких ми позначаємо ординалами): «Я був другим у черзі» — ‘$(\mathbf{az}^i \approx^{-}: \overrightarrow{\mathbf{2}}) \approx: \mathbf{in}(f^j)$’.

Також, у функційних мовах ефективно формалізуються деякі нюанси та розрізнення в межах природних мов. Так, у словосполуках (словосполученнях) легко розрізняються прикметники, які породжують дескрипції, та іменники, які, взяті кілька разом, утворюють незвичні для предикатних мов кон'юнктивні терми (тобто, передбачають номінативне, а не пропозиційне вживання кон'юнкції). «Студент-медик» — ‘$(f \wedge g)^i$’, «відомий медик» — ‘$(\star^i \approx: h)g^i$’, «медик відомий» — ‘$g^i(\star^i \approx: h)$’.

Особливо великий недолік предикатних мов полягає у відсутності семантичної нейтральності [3]. Натомість, у функційних мовах можна формалізовувати побудови з будь-якою семантикою. Для аналізу природних мов це критично, оскільки там систематично вживаються порожні назви, напр., назви вже не існуючих емпіричних об'єктів або ж взагалі вигаданих; для опису останніх не годиться стандартна семантика, яка на практиці тільки й вживається у логіці предикатів і яка розрахована лише на опис абстракцій. У логіці функцій цілком природно будуються числення з семантиками, що допускають порожні назви.

При цьому цілком природно виникає розрізнення предиката існування $x \approx: \mathrm{E}$, часткового квантора Ə (зберігає двоїстійсть із квантором загальності і не передбачає існування об'єктів, про які йдеться) і квантора існування $\exists$; останній означується через два попередніх об'єкта:

$$\exists s^{i*}\mathfrak{F}(s^{i*}) \eqcirc \text{Ə} s^{i*}(s^{i*} \approx: \mathrm{E} \wedge \mathfrak{F}(s^{i*})).$$

Саме це розрізнення ми й спостерігаємо у природних мовах: «Цей документ існує» — ‘$f^i \approx: \mathrm{E}$’ «Деякі олімпійські боги — жінки» — ‘Ə$[(\star^{i*} \approx: f)g^{i*}](\star^{i*} \approx: h)$’, «Існують олімпійські боги — жінки» — ‘$\exists[(\star^{i*} \approx: f)g^{i*}](\star^{i*} \approx: h)$’.

У функційних мовах також добре виражаються прагматичні аспекти природних мов: логічний наголос і прагматичні дії (див. на прикладі предикатних мов [7]). Прагматичні засоби дозволяють формалізовувати як зв'язні тексти, так і розшифровки розмов (діалоги).

Як видно зі сказаного, функційні мови дозволяють проводити двосторонній переклад: формалізацію природних мов і наступне відновлення природномовного тексту із формалізації, — причому, вже на даному етапі розвитку досліджень таке відновлення в багатьох випадках буде здійснюватися однозначно.

Список використаних джерел

[1] *Марков А. А., Нагорный Н. М.* Теория алгорифмов / А. Марков, Н. Нагорный. – М.: Наука, 1984. – 432 с.

[2] *Кохан Я. О.* Символічна логіка: повернення до витоків. Функціональний погляд на світ / Я. О. Кохан // Практична філософія, № 1 (19). – 2006. – С. 240–244.

[3] *Kokhan Y.* Semantic presuppositions in logical syntax / Yaroslav Kokhan // Journal of Applied Non-Classical Logics, Volume 22, Issue 1–2 – 2012. – 29–41.

[4] *Кохан Я. О.* Виражальні можливості формальних мов (Частина І) / Я. О. Кохан. // Мова і культура, Вип. 15, Т. ІІ (156). – 2012. – С. 165–172.

[5] *Кохан Я. О.* Виражальні можливості формальних мов (Частина ІІ) / Я. О. Кохан. // Мова і культура, Вип. 16, Т. І (163). – 2013. – С. 165–172.

[6] *Карри Х. Б.* Основания математической логики / Х. Б. Карри – Москва: мир, 1969. – 568 с.

[7] *Кохан Я. О.* Інтенсіональні та прагматичні предикати / Я. О. Кохан // Філософська думка, № 2. – 2012. – С. 61–69.

[8] *Кохан Я. О.* Непомічена металогічна дисципліна / Я. О. Кохан // Філософські діалоги, вип. 1. – 2009 – С. 325–340.

[9] *Эббинхауз Г.-Д., Якобз К., Ман Ф.-К., Хермес Г.* Машины Тьюринга и рекурсивные функции. / Г.-Д. Эббинхауз, К. Якобз, Ф.-К. Ман, Г. Хермес; пер. с нем. – М.: Мир, 1972. – 264 с.