

Тема 12. Системи, основани на знания. Представяне и използване на знания (ПИЗ) – основни понятия и подходи. ПИЗ чрез правила, семантични мрежи и фреймове. Семантичен уеб и онтологии.

Съществуват два основни подхода за представянето и използването на знания (ПИЗ): символен и конекционистки.

Символният подход разчита на т.нар. хипотеза за представянето на знанията, според която всяка система (естествена или изкуствена), която проявява интелигентно поведение, включва две структурно независими части:

- база от знания (БЗ);
- машина за извод или интерпретатор.

БЗ съдържат в кодиран вид знанията, които са достъпни на системата. Традиционните програмни системи работят с информация, организирана във вид на бази от данни (БД). При тях е възможно извличане само на информация, представена в явен вид в базата. При БЗ е възможно извършването на разсъждения (извод), в резултат на което може да се генерира нова информация, която не присъства в явен вид в базата, т.е. да се генерира ново знание. Машината за извод обработва символите от БЗ с цел генериране на интелигентно поведение.

Конекционисткият подход отхвърля хипотезата за представянето на знанията. При него архитектурата на системата се основава на модела на човешкия мозък и методите, чрез които се запазват и обработват знанията в него. Представител на този подход са невронните мрежи. Те са съставени от множество обработващи елементи – опростени модели на биологични неврони, свързани помежду си с претеглени връзки.

Терминът “знания” се използва за означаване на кодиран опит. Опитът е източникът на информация за решаването на задачи. Чрез определението “кодиран” се означава обстоятелството, че знанията са формулирани и записани. Типове знания в СОЗ:

- фактологически знания: знания за обектите и фактите в предметната област;
- релации: знания за връзките/отношенията между обектите и фактите.
- метазнания: знания за самите знания, за структурата и начините да бъдат използвани. Те могат да бъдат стратегически знания, поддържащи знания и др.

Терминът “формализъм” може да бъде разглеждан в два аспекта: синтактичен и логически. Синтактичният аспект се отнася до начина, по който явно зададените знания се съхраняват в системата (структурата на базата от

знания), а логическият аспект - до начина, по който явно зададените знания могат да бъдат използвани, за да бъдат извлечени допълнителните знания, които неявно се съдържат в тях. Съществуват два основни типа формализми за ПИЗ: формализми от процедурен тип и формализми от декларативен тип. Основната разлика между двата типа формализми се свежда до това дали знанията са представени във вид, който позволява отговор на въпроса „какво?“, или са във вид, който позволява отговор на въпроса „как?“. При декларативните формализми основната задача е да се намери най-добрият начин за представяне на знанието. При процедурните формализми съществен е начинът на неговото използване. При декларативните формализми знанията се пазят структурирани в явен вид, а при процедурните те се съдържат в процедурите на системата.

При процедурните формализми всяка единица знание е представена чрез начина си на използване в системата. Често обаче даденото знание може да се използва по повече от един начин и следователно всички тези възможности трябва да са описани поотделно. При такова представяне базата от знания и интерпретаторът не са толкова добре обособени. Така добавянето и изменянето на първоначални знания е трудна задача.

При декларативните формализми процедурите (алгоритмите на интерпретатора) са достатъчно общи и могат да се използват в различни предметни области.

За специфични задачи в конкретна предметна област процедурните представяния имат много по-добра ефективност, както по време, така и по памет.

Изборът на типа формализъм за ПИЗ зависи от особеностите на конкретната задача, но без значение от кой тип е, той трябва да отговаря на следните критерии:

- *ясна семантика* - Значението на правилно построените изрази трябва да бъде добре определено или всеки правилно построен израз трябва да може да се интерпретира еднозначно.
- *коректност на правилата за извод* - Правилата за извод трябва да бъдат такива, че ако явно зададените знания в БЗ са верни, то всички извлечени от тях знания също трябва да бъдат верни.
- *естественост на представянето* – Използваното представяне трябва да бъде максимално близко до терминологията и структурата на знанията, използвани в съответната предметна област.
- *модулност* на базата от знания;
- *ефективност* (по отношение на изискванията за памет и време).

ПИЗ чрез системи от продукционни правила

Това е декларативен формализъм с елементи на процедурност на по-ниско равнище. Негова основна характеристика е декомпозирането на знанията на малки части (правила) от тип „условие – следствие“ („ситуация- действие“).

Всяка система, основана на правила, е изградена от три базови компонента:

- работна памет (контекст);
- база от правила;
- интерпретатор.

Работната памет съдържа знания за решаваната задача, установени (известни) към текущия момент. Тези данни са динамични и се формират от два източника:

- от потребителя (зададени по условие или получени като отговор на допълнителен въпрос на системата);
- от интерпретатора (получени в процеса на логическия извод).

Работната памет е списък от т. нар. елементи на работната памет (ЕРП). Структурата на ЕРП е близка до (дори обикновено съвпада със) структурата на елементите на левите страни на правилата (т. нар. елементи на условието в левите страни на правилата). Най-често ЕРП описват отделни обекти от предметната област чрез принадлежността им към съответни типове и множеството от стойности на определени атрибути (свойства/характеристики). В такъв случай всеки ЕРП е вектор от вида

(type attribute 1 :value 1 . . . attribute n :value n),

където type и всички attribute i и value i са атоми.

Базата от правила запазва относително постоянната част от данните на системата, под формата на импликации от вида:

(<име_на_правило> <лява_страна> <дясна_страна>)

Лявата страна на правилото се нарича негово условие (предпоставка), а дясната страна на правилото – негово следствие (действие). Най-често лявата страна на правилото представлява конюнкция от т.нар. елементи на условието. Дясната страна обикновено представлява поредица от елементи, описващи действия, които следва да се изпълнят. Най-често лявата страна на правилото представлява конюнкция от т. нар. елементи на условието (ЕУ). ЕУ могат да бъдат положителни или отрицателни (ще смятаме, че отрицателните ЕУ имат вида $\sim\text{cond}$, където cond е положителен ЕУ). Положителните ЕУ обикновено са вектори от вида

(type attribute1 :specification1 . . . attributen :specificationn),

където всеки спецификатор specification_i може да бъде:

- атом;
- променлива;

- израз, който може да бъде оценен (такива изрази ще заграждаме в квадратни скоби "[]");
- тест (сравнение, заградено в "[]");
- конюнкция (\wedge) на спецификатори, дизюнкция (\vee) на спецификатори или логическо отрицание (\neg) на спецификатор.

Интерпретаторът прилага знанията на системата върху текущите данни за конкретната задача. Често се използва, за да направи опит да потвърди или отхвърли някаква зададена от потребителя теза.

Процесът на работа на интерпретатора на правилата е итеративен, като всяка итерация се състои от две фази - избор на правило и изпълнение на избраното правило. Работата на интерпретатора продължава или до достигане на търсеното твърдение, или до невъзможност на дадена стъпка да се намери изпълнимо правило. Има два основни начина за избора на правило, което да се изпълни на текущата стъпка.

- прав извод (forward chaining) или извод, управляван от данните (data-driven inference).
- обратен извод (backward chaining) или извод, управляван от целите (goal-driven inference).

Прав извод: съпоставят се елементите на условията в левите страни на правилата и елементите на работната памет. Генерират се верните следствия от съдържанието на работната памет и базата от правила.

Обратен извод: съпоставят се елементите на десните страни на правилата и предварително зададена цел. Проверява се дали целта е следствие от съдържанието на работната памет и базата от правила.

Конфликтно множество: множеството от правила, чиито леви страни се удовлетворяват от съдържанието на работната памет на текущата стъпка от работния цикъл на интерпретатора.

Стратегии за избор на правило от конфликтното множество:

- избор на първото възможно правило, което не предизвиква зацикляне;
- избор на най-актуалното правило;
- избор на правилото с най-сложното/най-простото условие и др.

Специфични преимущества:

- естественост на представянето на експертни знания;
- модулност на базата от знания
- възможност за обяснение на резултатите от извода.

Недостатъци и проблеми:

- проблеми при генериране на съдържателни обяснения на взетите решения;
- недостатъчна изразителна сила;
- потенциална неефективност на работата на интерпретатора на правилата.

Експертни системи

Експертната система (ЕС) е компютърна програма, която съдържа знания и извършва логически извод относно специализирана предметна област с цел решаване на определени задачи или даване на подходящи съвети. По обхвата, обема, съдържанието, структурата и организацията си знанията на една ЕС са сравними с тези на хората – експерти в съответната предметна област.

Обикновено ЕС се използват за решаване на следните типове задачи:

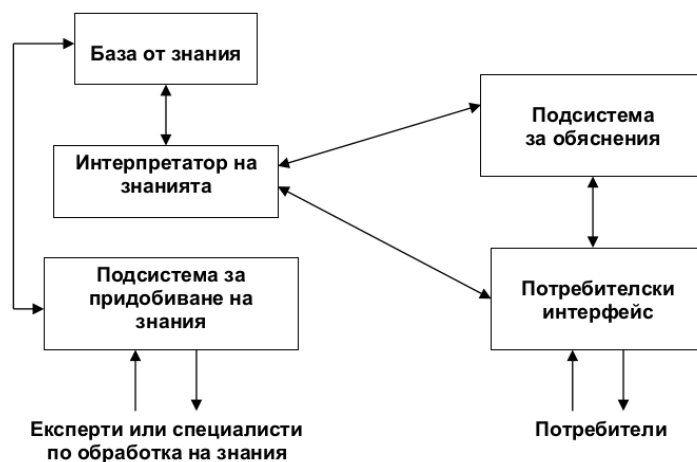
- Интерпретация на данни (например звукови сигнали);
- Диагностика на повреди или заболявания;
- Структурен анализ на сложни обекти (например химични съединения);
- Конфигурация на сложни обекти (например компютърни системи);
- Планиране на последователности от действия.

ЕС имат някои особености, които ги отличават от традиционните програмни системи:

- ЕС моделират начина, по който хората правят изводи в определена предметна област, а не самата област;
- ЕС извършват извод на базата на някакво представяне на човешки знания;
- ЕС обикновено решават задачи с помощта на евристични или приблизителни методи.

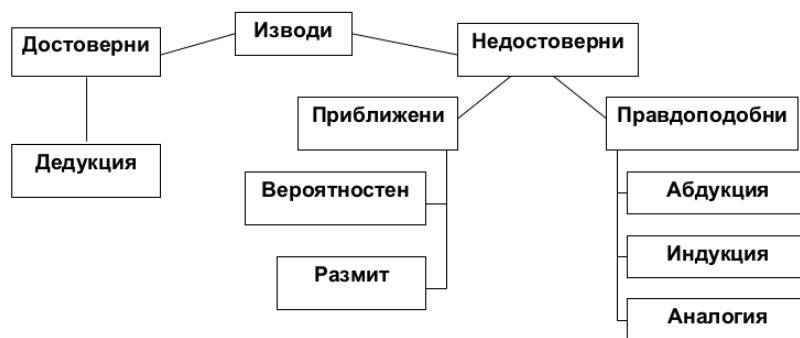
Евристиките са правила, извлечени от опита, които кодират определени знания за начина за решаване на даден проблем от определена област. Евристичните методи са приблизителни в смисъл, че не изискват точни данни и решенията могат да бъдат изведени от системата с определена степен на сигурност.

ЕС съдържат традиционните за всяка СОЗ компоненти, към които са добавени още т. нар. подсистема за обяснения и подсистема за придобиване на знания.



Представяне на знания за света. Немонотонен извод. Представяне на несигурни знания. Вероятностен извод.

Видове изводи в СОЗ



Дедукция. Теоретична основа на дедукцията е правилото за извод Modus Ponens (MP). Същност на MP:

(ако A, то B)	условно вярно твърдение
<u>A</u>	изпълнено условие
B	изведено заключение

По-точно, дедуктивният извод има формата:

($\forall x$) (ако A(x), то B(x))
<u>A(a)</u>
B(a)

Абдукция. Абдукцията е генериране на правдоподобни обяснения за това, което наблюдаваме около нас. Тя може да се разглежда в следната форма:

$$\frac{(ако A, то B)}{B} \\ A$$

По-точно, абдукцията би трябвало да се разглежда като правило за извод от вида

$$\frac{(причина ?x ?y)}{?y} \\ ?x$$

Индукция. Индуктивният извод е опит за обобщение на базата на общи признаци, наблюдавани у голям брой конкретни обекти. При натрупване на допълнителни знания за средата достоверността на обобщението може съществено да се повиши. От тази гледна точка може да се твърди, че способността за индуктивен извод е съпоставима със способността на човека за обучение и самообучение.

Аналогия. При извода по аналогия на базата на знания за сходство между два обекта по някои признаци се генерира хипотезата, че тези обекти са сходни и по други признаци, които са установени в единия обект, но все още не са установени в другия. В този смисъл при извода по аналогия се извършва пренасяне (трансформиране) на информация от единия обект към другия.

Представяне на несигурни знания с вероятности

- Случайна променлива. Величина в езика за представяне на знания, която може да има няколко (вкл. безброй много) възможни стойности.
- Област на променлива: $\text{dom}(x)$ = множеството от възможни стойности на x .
- Твърдение: булев израз от присвоявания на променливи ($x_i = v_j$).
- Вероятност = мярка за увереност в дадено твърдение (реално число между 0 и 1).
- Априорна вероятност – вероятност при отсъствие на каквато и да е информация.
- Условна вероятност – вероятност при наличието на информация за стойностите на други случайни променливи.

Бейсови мрежи (БМ; Belief Networks)

- Използване на ацикличен ориентиран граф за представяне на зависимостите между променливите с цел сбито (компактно) описание на съвместното им разпределение.
- На всяка случайна променлива съответства отделен възел от мрежата. Дъгите от мрежата задават причинно-следствени връзки. Интуитивното

значение на дъгата от възела X към възела Y е, че X оказва директно влияние върху Y.

- За всеки възел е дефинирана таблица с условни вероятности, която задава вероятността на всяка стойност на променливата във възела в зависимост от всяка възможна комбинация от стойности на променливите в родителските възли.

БМ задават неявно съвместното разпределение на променливите си. Нека x_1, x_2, \dots, x_n са случайни променливи и $P(v_1, v_2, \dots, v_n)$ е съвместната вероятност те да получат съответно стойности v_1, v_2, \dots, v_n . Тогава

$$P(v_1, v_2, \dots, v_n) = \prod_{i=1}^n P(v_i \mid \text{Parents}(x_i)),$$

където $P(v_i \mid \text{Parents}(x_i))$ е условната вероятност за $x_i = v_i$ при условие, че са дадени стойностите на родителските променливи $\text{Parents}(x_i)$ на x_i .

Видове извод в БМ:

- Диагностика – от следствието към причината;
- Предсказване – от причината към следствието;
- Междупричинен извод – между причините за дадено следствие;
- Смесен извод – комбинация на горните три.

ПИЗ чрез семантични мрежи

Семантичните мрежи са представител на декларативните формализми. Основават се на предположението, че знанията в човешкия мозък се пазят във вид на отделни единици, свързани помежду си с множество връзки.

Семантичните мрежи се представят като ориентиран граф.

Типове възли в СМ:

- релационни константи (таксономични категории или свойства);
- обектни константи (предмети или обекти от областта).

Типове дъги в СМ:

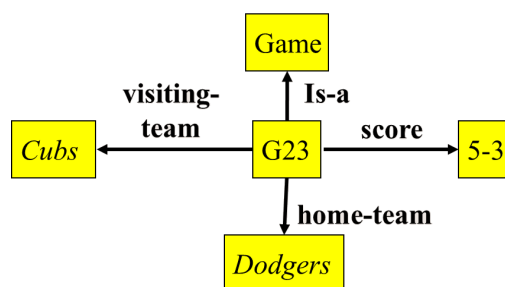
- тип „подмножество“ (описват релации от тип клас – суперклас);
- тип „елемент“ (описват релации от тип обект – клас);
- тип „функция“ (описват свойства на обектите и класовете).

Семантичните мрежи се използват за намиране на свойства или релации между обектите, които не са зададени. Основният механизъм за извод върху семантична мрежа е свързан с проследяване на връзките между отделните възли на мрежата. Най-често се използва методът на наследяването

(немонотонни разсъждения). Обектите и класовете могат да "наследяват" свойства от класовете и суперкласовете, към които принадлежат. Причисляването към даден клас или суперклас обикновено става с помощта на връзки от тип IS-A. По този начин лесно се извършва извод с използване на знания, верни по подразбиране - обектите наследяват свойствата на класовете, към които принадлежат. Ако дадено свойство е зададено в явен вид, зададената му стойност е с приоритет пред наследената.

Всяка унарна релация може да бъде представена чрез бинарна, но един от основните недостатъци на семантичните мрежи е неудобното изразяване на произволни n-арни релации ($n > 2$). За целта се използва *методът на Саймънс*: Въвежда се изкуствен обект (нов възел в мрежата), който представя цялата релация и чрез бинарни релации се описват връзките между този обект и всеки от оригиналните аргументи.

Например за релацията: `score(Cubs, Dodgers, 5, 3)` можем да въведем обект означаващ конкретната спортна среща - G23 и да я изразим по метода на Саймънс :



Трудности се срещат и при представянето на знания, които съдържат квантори (за съществуване или всеобщност). Типично решение на проблема е използване на *разделени семантични мрежи*. Същност на този метод е разделянето на мрежата на йерархични пространства (подмрежи), всяко от които съответства на областта на действие на една или няколко променливи. Кванторите се изразяват чрез специални дъги в мрежата, които сочат не към възли, а към цели подмрежи на дадената.

Специфични преимущества:

- простота
- нагледност
- яснота
- естественост на представянето.

Недостатъци и проблеми:

- недостатъчна изразителна сила;
- неясна семантика;
- проблеми при извършването на различни операции със семантични мрежи;
- проблеми при управлението на наследяването.

ПИЗ чрез фреймове

Фреймовете са структурен формализъм. Основават се на предположението, че човешкият мозък съхранява знанията на отделно обособени "порции", описващи дадено понятие (стереотипна ситуация).

Нива на йерархия:

- т. нар. self информация (името на фрейма и др.);
- множество от слотове (атрибути);
- множество от фасети, асоциирани със слотовете.

Основни типове фасети в езика FRL:

- value: съдържа стойността на характеристика, описвана от съответния атрибут;
- default: съдържа стойността по подразбиране на тази характеристика. Използва се, ако във value не е зададена конкретна стойност.
- if-needed: реферира към процедура, която да се извика, когато value и default не са налични.
- if-added, if-removed: реферират процедури, които се изпълняват, когато бъде добавена/изтрита стойност на съответната характеристика.

Основни стратегии за търсене в езика FRL:

- Z-търсене: обхождат се трите важни фасети (value, default, if-needed) на разглеждания слот от дадения фрейм. Ако стойността не е дефинирана, се преминава към първия „родител“ на фрейма и за същия слот на този фрейм се преглеждат отново въпросните фасети
- N-търсене: преглеждат се фасетите value на дадения фрейм и неговите родители. След това се преглеждат фасетите default и най-накрая се преглеждат фасетите if-needed на фрейма и родителите му
- I-търсене: преглеждат се само value фасетите на текущия фрейм и неговите предшественици. Ако всички нямат стойност, то и резултатът няма стойност.

Преимущества:

- естествеността на представянето на знанията;
- модулност и йерархичност на БЗ;

- добра възможност да се задават стойности по подразбиране.

Недостатъци:

- неясна семантика;
- недостатъчна изразителна сила;
- трудно управление на наследяването (особено при множественото наследяване).

Семантичен уеб

Семантичният уеб е разширение на традиционния уеб, което позволява по-лесно да се намира, споделя и комбинира информация.

Традиционният уеб представя информация, използвайки:

- естествен език (напр. английски)
- графика, мултимедия
- подходящо оформяне на страниците

Той е труден за компютърна обработка (проблеми: многозначност, неподходящи формати на данните, неинформативност и нерационалност на връзките между отделните информационни ресурси).

Семантичният уеб:

- Разширява традиционния уеб
- Позволява информацията да бъде представяна във формат, който предполага еднозначна интерпретация и е удобен за компютърна обработка
- Позволява да бъдат добавяни подходящи метаданни за описание на съществуващи или новопостъпващи данни

Онтологии

В информатиката онтологията са БЗ от специален тип, които могат да се „четат“ и разбират, да се отделят от разработчика и/или физически да се поделят между техните потребители.

Задължителни свойства:

- Наличие на краен разширяем речник

- Възможност за еднозначна интерпретация на класовете и релациите
- Йерархична структура на системата от класове

Типични свойства:

- Възможност за спецификация на свойства на отделните класове
- Възможност за създаване на индивиди (екземпляри на класовете)
- Възможност за спецификация на ограничения върху стойностите на свойствата

Препоръчителни свойства:

- Възможност за спецификация на непресичащи се класове
- Възможност за спецификация на произволни релации между термове
- Възможност за спецификация на определени видове релации (свойства) като обратно свойство (inverse property, например $\text{parent} \leftrightarrow \text{child}$), симетрично свойство или релация part-whole

Приложения:

- Предоставят речник на предметната област, който може да бъде използван като основа на общуването между автори, потребители и програмни системи.
- Могат да се използват при проектирането на структурата на уеб сайтове и нивата на достъп до тях.
- Могат да се използват за бърза проверка дали даден уеб сайт отговаря на очакванията на съответния потребител.
- Могат да се използват за подходящо разширяване на потребителските заявки за търсене в Интернет.
- Могат да се използват за ограничаване на търсенето в Интернет чрез премахване на опасността от многозначна интерпретация на съответната потребителска заявка.
- Могат да се използват при проектиране на интелигентни потребителски интерфейси на системи за прогнозиране, диагностика и др.
- Използват се като източници на знания при семантично аотиране и семантично обогатяване (semantic enrichment) на данни или различни типове съдържание (текстове, изображения, видео и др.).
- Използват се като източници на знания при интегрирането на данни и осигуряването на семантична оперативна съвместимост (semantic interoperability) на хетерогенни информационни системи.