

Лекція 10-11.
Інженерія знань

2.1. Визначення й структура інженерії знань

Основні труднощі в розробці експертних систем пов'язані із проблемою добування й структурування знань. Саме ці питання досліджує наука за назвою — *інженерія знань* (knowledge engineering).

Визначення 2.1

Інженерія знань — напрямок досліджень і розробок в області інтелектуальних систем, що ставить метою розробку моделей, методів і систем для одержання, структурування й формалізації знань фахівців з метою проектування баз знань.

Основні напрямки досліджень інженерії знань представлені на мал. 3.1.

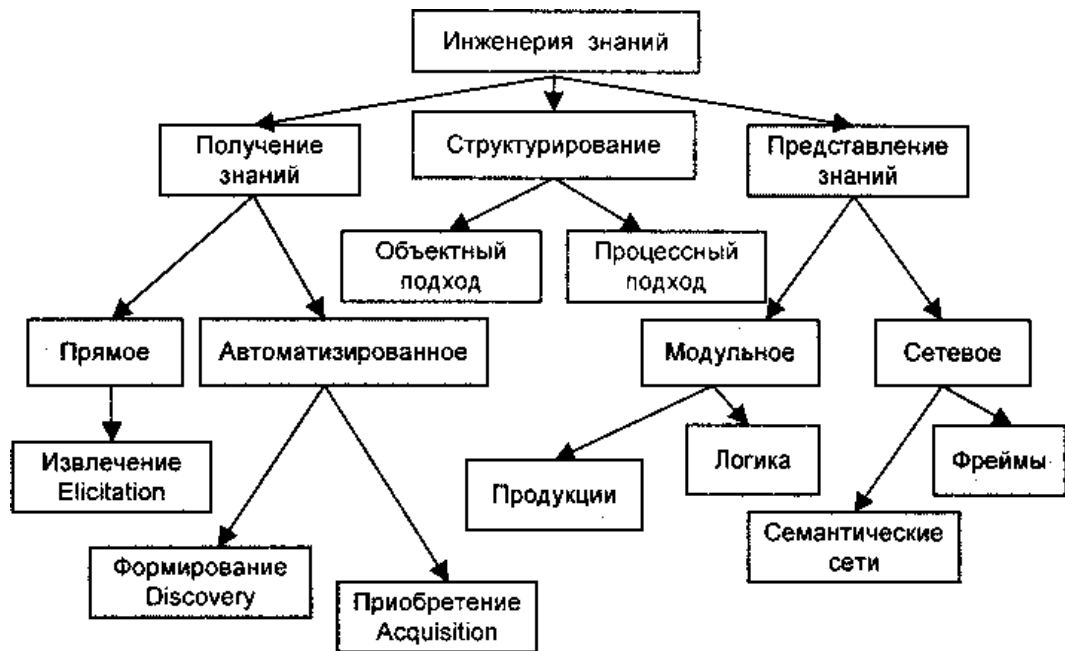


Рис. 2.1. Структура инженерии знаний

2.1.1. Поле знань

Дана лекція цілком присвячена теоретичним проблемам інженерії знань, іншими словами — проектуванню баз знань. Центральним поняттям на стадіях одержання й структурування є так називане *поле знань*, що вже згадувалося в розд. 1.1

Визначення 2.2

Поле знань— це умовний неформальний опис основних понять і взаємозв'язків між поняттями предметної області, виявлених із системи знань експерта, у вигляді графа, діаграми, таблиці або тексту.

Поле знань P_z формується на третій стадії розробки ЕС (див. розд. 1.7. 2) — стадії структурування.

Поле знань, як перший крок від структурування до формалізації, представляє модель знань про предметну область у тім виді, у якому її зумів виразити аналітик на деякому "своєму" мові.

Узагальнено синтаксичну структуру поля знань можна представити як

$$P_z = (I, ПРО, M),$$

де I — структура вхідних даних, підлягаючих обробці й інтерпретації в експертній системі;

$ПРО$ — структура вихідних даних, тобто результату роботи системи;

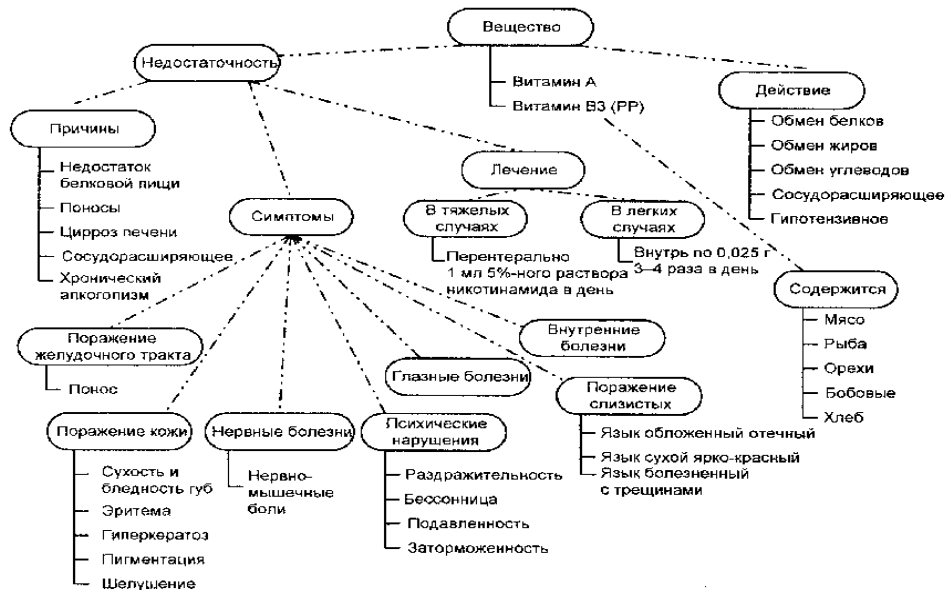
M — операціональна модель предметної області, на підставі якої відбувається модифікація I в O .

Включення компонентів I й O в P_z обумовлене тим, що складові й структура цих інтерфейсних компонентів неявно присутні в моделі репрезентації в пам'яті експерта. Операціональна модель M може бути представлена як сукупність концептуальної структури S_k , що відбиває понятійну структуру предметної області, і функціональної структури S_f , що моделює схему міркувань експерта.

$$M = (S_k, S_f).$$

S_k виступає як статична, незмінна складова P_z , у той час як S_f представляє динамічну, змінювану складову.

Формування S_k засноване на виявленні понятійної структури предметної області. Далі описаний досить універсальний алгоритм проведення концептуального аналізу на основі модифікації парадигми структурного аналізу і побудови ієрархії понять (так називана "піраміда знань"). Приклад S_k й S_f представлений на мал. 2.2 й 3.3.



2.2. Концептуальна складова поля знань

Признак 1	Признак 2	Признак 3	...	Диагноз	Лечение
Поражение кожи	Поражение глаз	Нервные расстройства	...	Недостаток вещества	Продукты
Сухость губ или шелушение	Ослабление зрения		...	Витамин А	Сливочное масло или морковь
		Бессонница	...	Витамин В3	Мясо или рыба
		Раздражительность	...	Витамин В3	Мясо или рыба
...			...		

Рис. 2.3. Функциональная составляющая поля знаний

В останні роки концептуальну структуру називають *онтологією* предметної області, вона включає впорядковані поняття предметної області (ПО) A и моделює основні функціональні зв'язки R_A або відносини між поняттями, що утворюють Sk . Крім онтології розуміння задачі відбиває модель або стратегія ухвалення рішення S_f в обраній ПО. Таким чином, S_f утворить стратегічну складову M , часто вона має форму простої таблиці рішень, як на мал. 2.4.

Схему, що відображає відносини між реальною дійсністю й полем знань, можна представити так, як показано на мал. 2.4.

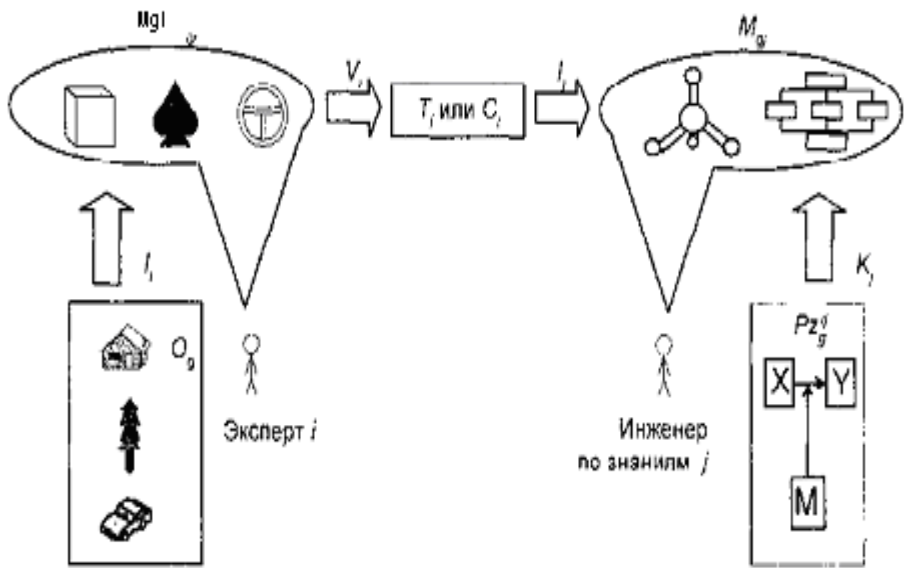


Рис. 2.4. "Зіпсований телефон" при формуванні поля знань

Поле Pz_g^{ij} — це результат, отриманий "після 4-ї трансляції" (якщо говорити мовою інформатики).

1-я трансляція (Ii) — це сприйняття й інтерпретація дійсності *Про* предметну область g i -м експертом. У результаті Ii у пам'яті експерта утвориться модель Mgi як семантична репрезентація дійсності і його особистого досвіду по роботі з нею.

2-я трансляція ($Vi, \}$) — це вербалізація досвіду i -го експерта, коли він намагається пояснити свої міркування S_i і передати свої знання Zi , інженерові по знаннях. У результаті Vi , утвориться або текст Ti , або мовне повідомлення Ci

3-я трансляція (Ij) — це сприйняття й інтерпретація повідомлень Ti або Ci j -м інженером по знаннях. У результаті в пам'яті інженера по знаннях утвориться модель миру Mgj .

4-я трансляція (Kj) — це кодування й вербалізація моделі Mgj у формі поля знань

Pz_g^{ij} .

Найбільше ця схема нагадує дитячу гру в "зіпсований телефон"; перед інженером по знаннях коштує труднейшая задача — домогтися максимальної відповідності M_{gi} й Pz_g^{ij} . На жаль, Pz_g не є відбиттям дійсності O_g , тому що знання — річ сугубо авторизована, суб'єктивна. Так варто було б на кожній ЕС ставити чіткий ярлик $i — j$, тобто "база знань експерта i у розумінні інженера по знаннях j ". Варто замінити, наприклад, інженера по знаннях Петрова на Сидорова, і вийде зовсім інша картина.

Приведемо приклад впливу суб'єктивних поглядів експерта на M_{gi} й V_i . Реальність (O_g): два чоловіки прибігають на вокзал за 2 хвилини до відходу поїзда. У каси - черга. В автоматичних касах вільно, але ні в того, ні в іншого немає дріб'язку. Наступний поїзд через 40 хвилин. Обоє спізнюються на важливу зустріч.

- **Інтерпретація 1-го експерта (I1):** не можна приходити на вокзал менш чим за 10 хвилин.
- **Інтерпретація 2-го експерта (I2):** треба завжди мати дріб'язок у кишені.
- **Вербалізація 1-го експерта (V1):** спізнився до потрібного поїзда, тому що не розрахував час.
- **Вербалізація 2-го експерта (V2):** спізнився, тому що на вокзалі плутанина, у касах юрба.

Наступної трансляції ще більше будуть спотворювати й видозмінювати модель, але тепер уже з урахуванням суб'єктивного сприйняття інженерів по знаннях.

Таким чином, якщо вважати поле знань значеннєвий (семантичної) моделлю предметної області, те ця модель двічі суб'єктивна. І якщо модель M_{gi} (див. мал. 2.4) — це усічене відображення O_g , те саме P_z — лише відблиск M_{gi} через призму V_i й M_{gj} .

3.1.2. "Піраміда" знань

Ієрархічність понятійної структури свідомості підкреслюється в роботах багатьох психологів. Поле знань можна стратифікувати, тобто розглядати на різних рівнях абстракції понять. В "піраміді знань" кожен наступний рівень служить для сходження на новий щабель узагальнення й поглиблення знань у предметній області. Таким чином, можлива наявність декількох рівнів понятійної структури S_k

Представляється доцільним зв'язати це із глибиною професійного досвіду (наприклад, як у системі АВТАНТЕСТ) або з рівнем ієрархії в структурних сходах організації (мал. 2.5).

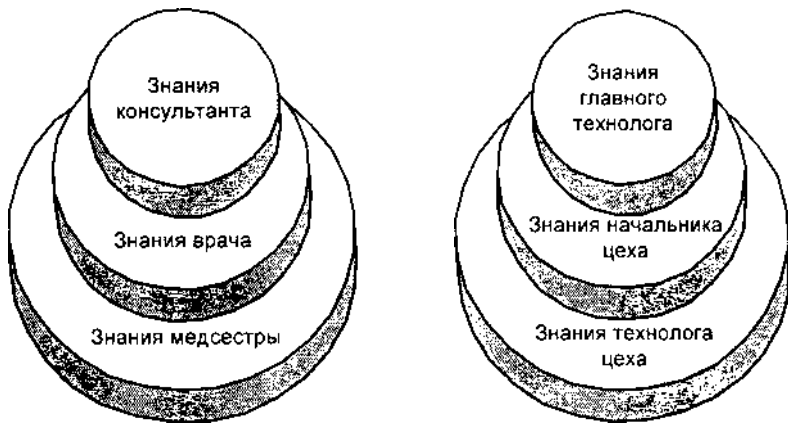


Рис. 2.5. Піраміди знань

Природно, що й стратегії прийняття рішень, тобто функціональні структури S_f на різних рівнях, будуть істотно відрізнятися.

3.2. Стратегії одержання знань

При формуванні поля знань ключовим питанням є сам процес одержання знань, коли відбувається перенос компетентності експертів на інженерів по знаннях. Для назви цього процесу в літературі по ЕС одержали поширення кілька термінів: придбання, видобуток, добування, одержання, виявлення, формування знань. В англійській спеціальній літературі в основному використовуються два терміни: acquisition (придбання) і elicitation (виявлення, добування, установлення).

Термін "*придбання*" трактується або дуже широко — тоді він включає весь процес передачі знань від експерта до бази знань ЕС, або вже як спосіб автоматизованої побудови бази знань за допомогою діалогу експерта й спеціальної програми (при цьому структура поля знань заздалегідь заставляється в програму). В обох випадках термін "*придбання*" не стосується самого таїнства екстрагування структури знань із потоку інформації про предметну область. Цей процес описується поняттям "*добування*".

Визначення 2.3

Добування знань (knowledge elicitation) — це процес взаємодії аналітика із джерелом знань, у результаті якого стає явним процес міркувань фахівця при ухваленні рішення й структура його подань про предметну область.

За всіх часів більшість розроблювачів ЕС відзначало, що процес *добування знань* залишається самим "вужьким" місцем при побудові промислових ЕС. При цьому їм доводиться практично самостійно розробляти методи добування, зіштовхуючись із наступними труднощами :

- організаційні непогодженості;
- невдалий метод добування, що не збігає зі структурою знань у даній області;
- неадекватна модель (мова) для подання знань.

Можна додати до цього :

- невміння налагодити контакт із експертом;
- термінологічний різнобій;
- відсутність цілісної системи знань у результаті добування тільки "фрагментів";
- спрощення "картини миру" експерта й ін.

Процес добування знань - це тривала й трудомістка процедура, у якій інженерові по знаннях, збройному спеціальними знаннями по когнітивній психології, системному аналізу, математичній логіці й ін., необхідно відтворити модель предметної області, якою користуються експерти для ухвалення рішення. Часто починаючі розроблювачі ЕС, бажаючи спростити цю процедуру, намагаються підмінити інженера по знаннях самим експертом. З багатьох причин це небажано.

По-перше, більша частина знань експерта - це результат численних нашарувань, щаблів досвіду. І часто знаючи, що з А треба В, експерт не віддає собі звіту, що ланцюжок його міркувань був набагато довше, наприклад $A \rightarrow D \rightarrow Z \rightarrow B$, або $A \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow B$.

По-друге, як було відомо ще Платону, мислення діалогічно. І тому діалог інженера по знаннях й експерта - найбільш природна форма вивчення лабіринтів пам'яті експерта, у яких зберігаються знання, частиною носящие невербальний характер, тобто виражені не у формі слів, а у формі наочних образів, наприклад. І саме в процесі пояснення інженерові по знаннях експерт на ці розмиті асоціативні образи надягає чіткі словесні ярлики, тобто вербалізує знання.

По-третє, експертіві сутужніше створити модель предметної області внаслідок глибини й обсягу інформації, який він володіє. Ще в ситуаційному керуванні було виявлено, що об'єкти реального миру зв'язані більш ніж 200 типами відносин (тимчасового, просторового, причинно-наслідкові, типу "частина-ціле" й ін.). Ці відносини й зв'язки предметної області утворюють складну систему, з якої виділити "кістяк" або головну структуру іноді доступніше аналітикові, що володіє до того ж системною методологією.

Термін "придбання" у межах нашого купсу залишений за автоматизованими системами прямого спілкування з експертом. Вони дійсно безпосередньо здобувають уже готові фрагменти знань у відповідності зі структурами, закладеними розроблювачами систем. Більшість цих інструментальних засобів спеціально орієнтовано на конкретні ЕС з жорстко позначеною предметною областю й моделлю подання знань, тобто не є універсальними.

Визначення 2.4

Придбання знань (knowledge acquisition) — процес заповнення бази знань експертом з використанням спеціалізованих програмних засобів.

Наприклад, система TEIRESIAS, що стала прародителькою всіх інструментів для придбання знань, призначена для поповнення бази знань системи MYCIN або її дочірніх галузей, побудованих на "оболонці" EMYCIN в області медичної діагностики з використанням продукційної моделі подання знань.

Термін формування знань (machine learning) традиційно закріпився за надзвичайно перспективною й активно, що розвивається областю, інженерії знань, що займається розробкою моделей, методів й алгоритмів навчання. Вона включає індуктивні моделі формування знань й автоматичного породження гіпотез, наприклад метод на основі навчальних вибірок, навчання за аналогією й іншими методами. Ці моделі дозволяють виявити причинно-наслідкові емпіричні залежності в базах даних з неповною інформацією, що містять структуровані числові й символні об'єкти (часто в умовах неповноти інформації).

Визначення 2.5

Формування знань (machine learning) — процес аналізу даних і виявлення схованих закономірностей з використанням спеціального математичного апарата й програмних засобів.

Традиційно до задач формування знань або машинного навчання ставляться задачі прогнозування, ідентифікації (синтезу) функцій, розшифровки мов, індуктивного висновку й синтезу з додатковою інформацією. У широкому сенсі до навчання за прикладами можна віднести й методи навчання розпізнаванню образів.

Для того щоб ці методи стали елементами технології інтелектуальних систем, необхідно вирішити ряд задач :

- забезпечити механізм сполучення незалежно створених баз даних, що мають різні схеми, з базами знань інтелектуальних систем;
- установити відповідність між набором полів бази даних і множиною елементів декларативного компонента бази знань;
- виконати перетворення результату роботи алгоритму навчання в спосіб подання, підтримуваний програмними засобами інтелектуальної системи.

Крім перерахованих існують також й інші стратегії одержання знань, наприклад, у випадку навчання на прикладах (case-based reasoning), коли джерело знань - це множина прикладів предметної області. Навчання на основі прикладів (прецедентів) включає настроювання алгоритму розпізнавання на задачу за допомогою пред'явлення прикладів, класифікація яких відома.

Навчання на прикладах тісно пов'язане з машинним навчанням. Розходження полягає в тому, що результат навчання в розглянутому тут випадку повинен бути інтерпретований у деякій моделі, у якій, можливо, уже втримуються факти й закономірності предметної області, і перетворений у спосіб подання, що допускає використання результату навчання в базі знань, для моделювання міркувань, для роботи механізму пояснення й т.д., тобто робить результат навчання елементом відповідної технології.

Наприклад, у системі INDUCE породжується несуперечливий опис деякого класу об'єктів по множинах прикладів і контрприкладів даного класу. Як мова подання використовується мова змінно-значної логіки першого порядку (варіант мови багатозначної логіки першого порядку).

Останнім часом широке поширення одержали терміни data mining й knowledge discovery, що означають, по суті, той же процес формування знань і пошук закономірностей, здійснюваний на більших вибірках даних, що звичайно перебувають у *сховищах даних* (data warehouse).

Таким чином, можна виділити три основних стратегії проведення стадії одержання знань при розробці ЕС (мал. 2.6):

- с використанням ЕОМ при наявності підходящого програмного інструментарію — *придбання знань*,
- с використанням програм навчання при наявності репрезентативної (тобто досить представницької) вибірки прикладів прийняття рішень у предметній області й відповідних пакетах прикладних програм — *формування знань*;
- без використання обчислювальної техніки шляхом безпосереднього контакту інженера по знаннях і джерела знань (будь те експерт, спеціальна література або інші джерела) — *добування знань*.

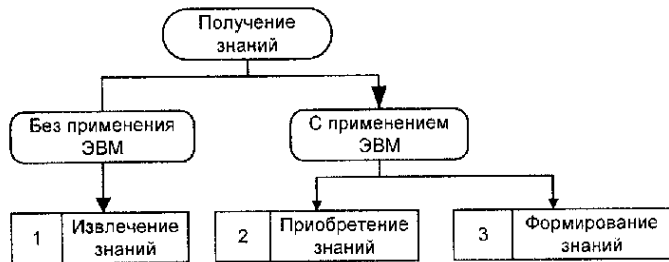


Рис. 2.6. Стратегії одержання знань

2.3. Теоретико-методичні аспекти добування й структурування знань

Розглянемо докладніше ключову проблему основної стратегії одержання знань - безпосереднього добування знань "з" пам'яті експерта. Можна виділити три основних аспекти цього процесу (мал. 2.7).

- психологічний;
- лінгвістичний;
- гносеологічний.



Рис. 2.7. Теоретико-методичні аспекти інженерії знань

2.3.1. Психологічний аспект

Провідним аспектом добування знань є психологічний, оскільки він визначає успішність й ефективність взаємодії інженера по знаннях (аналітика) з основним джерелом знань - експертом-професіоналом. Психологічний аспект виділяється ще й тому, що добування знань відбувається найчастіше в процесі безпосереднього спілкування розроблювачів системи й експертів, і психологічні особливості можуть повністю звести нанівець високий інтелектуальний потенціал розробки.

На жаль, всі члени колективу розроблювачів найчастіше мають технічне утворення й не володіють навіть зачатками професійних прийомів спілкування. Спілкування, або комунікація (від лат. *communication* — зв'язок) — це міждисциплінарне поняття, що позначає всі форми безпосередніх контактів між людьми — від дружніх до ділових.

Існує кілька десятків теорій спілкування, і єдине, у чому сходяться всі автори, - це складність і багатоплановість процедури спілкування. Підкреслюється, що спілкування - не просто односпрямований процес передачі повідомлень й але двотактний обмін порціями відомостей, а нерозчленований процес циркуляції інформації, тобто спільний пошук істини (мал. 2.8).



Рис. 2.8.. Структура процесу спілкування.

Отже, спілкування є процес вироблення нової інформації, загальної для людей, що спілкуються, і породжуючою їх Спільноту, І хоча спілкування перший вид діяльності, яким опановує Людина у своєму розвитку, 110-сьогоденню володіють Культурою й наукою спілкування одиниці.

Виділяють чотири основних рівні спілкування :

- *рівень маніпулювання*, казана один суб'єкт розглядає інший як засіб або перешкоду стосовно проекту своєї діяльності;
- *рівень «рефлексивної гри»*, коли в процесі своєї діяльності людина враховує «контрпроект» іншого суб'єкта, але не визнає за ним самоцінність і прагне до «виграшу», до реалізації свого проекту;
- *рівень правового спілкування*, коли суб'єкти визнають право на існування проектів діяльності один одного й намагаються погодити їх хоча б зовні;
- *рівень морального спілкування*, коли суб'єкти внутрішньо приймають загальний проект взаємної діяльності.

Прагнення й уміння спілкуватися на вищому, четвертому, рівні може характеризувати ступінь професіоналізму інженера по знаннях.

Відомо, що втрати інформації при розмовному спілкуванні великі (мал. 2.9).

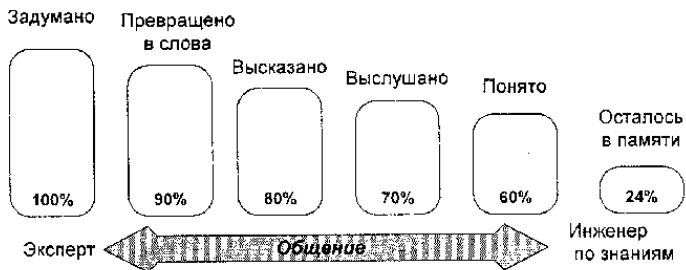


Рис. 2.9. Потери інформації при розмовному общении

Рис. 2.9. Втрати інформації при розмовному спілкуванні.

У зв'язку із цим розглянемо проблему збільшення інформативності спілкування аналітика й експерта за рахунок використання психологічних знань.

Можна виділити такі структурні компоненти моделі спілкування при добуванні знань:

- учасники спілкування (партнери);
- засоби спілкування (процедура);
- предмет спілкування (знання).

Відповідно до цієї структури виділимо три «шари» психологічних проблем виникаючих при добуванні знань (мал. 2.10):

- контактний;
- процедурний;
- когнітивний.

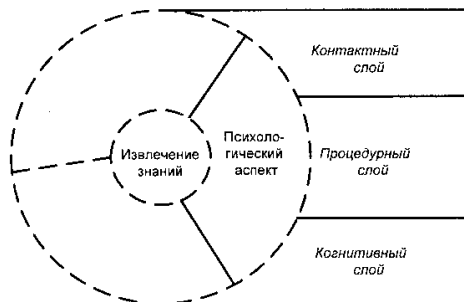


Рис. 2.10. Психологічний аспект добування знань

Контактний шар

Розробка проблематики контактного шару дозволила виявити наступні параметри партнерів, що впливають на результати процедури добування знань:

- підлога й вік;
- особистість;
- темперамент;
- мотивація й ін.

Підлога й вік

Значення параметрів підлоги й віку хоча й впливають на ефективність контакту, але не є критичними. У літературі відзначається, що гарні результати дають гетерогенні пари (чоловік/жінка), тому що підвищується мотивація.

Що стосується віку, те робоча формула має вигляд

$$20 > (B_э - B_a) > 5,$$

де $B_э$ — вік експерта; B_a — вік аналітика.

Особистість

Під особистістю звичайно розуміється стійка система психологічних рис, що характеризує індивідуальність людини. Компоненти особистісного портрета, що рекомендують, аналітика досліджені в роботі і доповнені якостями з керівництва для журналістів : *доброзичливість, аналітичність, гарна пам'ять, увага, спостережливість, уява, вразливість, більша зібраність, наполегливість, товариськість, спритність.*

Темперамент

Із часів Гіппократа, що виділили чотири класичних типи темпераменту, увійшли в наукову термінологію поняття — *холерик, сангвінік, меланхолік, флегматик*.

Відомо, що флегматики й меланхоліки повільніше засвоюють інформацію . І для забезпечення психологічного контакту з ними не слід задавати бесіді занадто швидкий темп, квапити їх з відповіддю. Зате вони набагато краще засвоюють нове, на відміну від холериків, для яких властиво поверхнєве засвоєння інформації. Останніх варто спеціально наводити на міркування й рефлексію. У меланхоліків часто занижена самооцінка, вони соромливі й у бесіді їх треба підбадьорювати. Таким чином, найбільш успішними в рамках контактного шару є сангвініки й холерики.

Мотивація

На ефективність колективного рішення задач впливає також і мотивація, тобто прагнення до успіху. Інженер по знаннях залежно від умов розробки повинен вишукувати різноманітні стимули для експертів (включаючи, зрозуміло, і матеріальні). Експерт передає аналітику один з найдорожчих у світі продуктів - знання. І якщо одні люди діляться досвідом добровільно й із задоволенням, те інші досить неохоче відкривають свої професійні таємниці. Іноді корисно, виявляється, збудити в експерті дух суперництва, конкуренції (не порушуючи, природно, обстановки кооперативності в колективі).

Процедурний шар

Параметри процедурного шару описують безпосередньо процес проведення процедури добування знань. Фактично це професійні параметри:

- ситуація спілкування (місце, час і тривалість);
- устаткування (допоміжні засоби, освітленість, меблі);
- професійні прийоми (темп, стиль, облік невербальних компонентів спілкування, методи й ін.).

Інженер по знаннях, що успішно опанував наукою встановлення атмосфери довіри й взаєморозуміння з експертом (контактний шар), повинен ще зуміти скористатися сприятливим впливом цієї атмосфери. Проблема процедурного шару стосується проведення самої процедури добування знань. Тут мало проникливості й чарівності, корисних для рішення проблеми контакту, отут необхідні професійні знання.

Зупинимося на загальних закономірностях проведення процедури.

Ситуація спілкування

Вона визначається наступними компонентами:

- місце проведення сеансів;
- тривалість і час проведення сеансів.

Місце. Бесіду з експертом найкраще проводити в невеликому приміщенні наодинці, оскільки сторонні люди порушують довірчість бесіди й можуть породити ефект "фасаду". Робоче місце експерта є не самим оптимальним варіантом, тому що його можуть відволікати телефонні дзвінки, співробітники й ін. Атмосфера замкнутого простору й самотності позитивно впливають на ефективність.

Американський психолог И. Атватер вважає, що для ділового спілкування найбільш сприятлива дистанція від 1,2 до 3 м . Мінімальним "комфортним" відстанню можна вважати 0,7-0,8 м.

Тривалість і час. Реконструкція власних міркувань - трудомісткий процес, і тому тривалість одного сеансу звичайно не перевищує 1,5-2 години.

Ці друга година краще вибрати в першій половині дня, наприклад з 10 до 12 годин, якщо експерт типу "жайворонок", і в районі 16-17 годин, якщо він "сова". Ці два піки активності (11 й 16 годин) установлені дослідниками 24-вартового ритмоциклу людської активності.

Відомо, що взаємна стомлюваність партнерів при бесіді наступає звичайно через 20-25 хвилин , тому в сеансі потрібні паузи.

Устаткування

Звичайно включає:

- допоміжні засоби;
- освітленість і меблі.

Допоміжні засоби являють собою засоби для збільшення ефективності самого процесу добування знань і засобу для протоколювання результатів.

До засобів для збільшення ефективності процесу добування знань, насамперед, ставиться наочний матеріал. Незалежно від методу добування (див. розд. 2.4), обраного в конкретній ситуації, його реалізація можлива різними способами.

Наприклад, широко відомо, що людей, що займаються інтелектуальною діяльністю, можна віднести до художнього або розумового типу. Терміни отут умовні й не мають відносини до тієї діяльності, що традиційно називають художньою або розумовою. Важливо, що, визначивши тип експерта, інженер по знаннях може плодотворніше використати кожної з методів добування, знаючи, що люди художнього типу легше сприймають зорову інформацію у формі малюнків, графіків, діаграм, тому що ця інформація сприймається через першу сигнальну систему. Навпроти, експерти розумового типу краще розуміють мову формул і текстову інформацію. При цьому враховується факт, що більшу частину інформації людина одержує від зору. Рада користуватися активніше наочним матеріалом з можна вважати універсальним. Такі методи, як вільний діалог й ігри, надають багаті можливості використати слайди, креслення, малюнки.

Для протоколювання результатів у цей час використовуються наступні способи:

- запис на папір безпосередньо по ходу бесіди (недоліки - це часто заважає бесіді, крім того, важко встигнути записати всі, навіть при наявності навичок стенографії);
- магнітофонний запис (диктофон), що допомагає аналітикові проаналізувати весь хід сеансу й свої помилки (недолік - може сковувати експерта);
- запам'ятовування з наступним записом після бесіди (недолік - годиться тільки для аналітиків із блискучою пам'яттю).

Найпоширенішим способом на сьогодні є перший. При цьому найбільша небезпека отут - втрата знань, оскільки будь-який запис відповідей - це вже інтерпретація, тобто привнесення суб'єктивного розуміння предмета.

Природним є вимога відключати мобільний телефон під час сеансу (хоча б з боку аналітика).

Освітленість і меблі. Значення параметрів *освітленості* й *меблів* також впливають на ефективність процедури добування знань. Посадите експерта на незручну табуретку, направте йому світло в очі й подивитеся, скільки хвилин він витримає...

Професійні прийоми аналітика

Вони включають, зокрема:

- темп і стиль;
- облік невербальних компонентів спілкування;
- методи.

Облік і стиль. Облік індивідуального темпу й стилю експерта дозволяє аналітикові знизити напруженість процедури добування знань. Типовою помилкою є нав'язування власного темпу й стилю. Необхідне вміння переймати темп і стиль спілкування експерта (ефект дзеркала).

На успішність також впливає довжина фраз, які вимовляє інженер по знаннях. Цей факт був установлений американськими вченими - лінгвістом Інґве й психологом Міллером при проведенні дослідження причин низького засвоєння команд на Військово-морському флоті США .

Причина була в довжині команд. Виявилось, що людина найкраще сприймає пропозиції глибиною (або довжиною) $7+2(-2)$ слова. Це число $(7+2)$ одержало назву "число Інґве—Міллера". Можна вважати його мірою "балакучості" мови. Досвідчені лектори використовують у лекції в основному короткі фрази, зменшуючи втрату інформації з 20—30% (у поганих лекторів) до 3-4% .

Облік невербальних компонентів спілкування. Більша частина інформації надходить до інженера по знаннях у формі пропозицій природною мовою. Однак зовнішня мова експерта є відтворення його внутрішньої мови (мислення), що набагато багатіше й багаторізнovidніше. При цьому для передачі цієї внутрішньої мови експерт використовує й невербальні засоби, такі як: інтонація, міміка, жести. Досвідчений інженер по знаннях намагається записувати по можливості в протоколи (у формі ремарок) цю додаткову інтонацію.

У цілому, невербальний компонент стилю спілкування важливий і для проблем контактного шару при встановленні контакту, коли по окремих жестах і вираженню особи експерта інженер по знаннях може встановити границю можливої "дружності" спілкування.

Методи. Конкретні методи докладно розглянуті в наступному розділі, виходячи з позиції, що метод повинен підходити до експертів як "ключ до замка".

Когнітивний шар

Когнітивні (від англ. *cognition* — пізнання) науки досліджують пізнавальні процеси людини з позицій можливості їхнього моделювання (психологія, нейрофізіологія, ергономіка, інженерія знань). Найменш досліджені на сьогоднішній день проблеми когнітивного шару, пов'язані з вивченням семантичного простору пам'яті експерта й реконструкцією його понятійної структури й моделі міркувань.

Основними факторами, що впливають на когнітивну адекватність поля знань, будуть:

- когнітивний стиль;
- семантична репрезентативність поля знань і концептуальної моделі.

Когнітивний стиль

Під *когнітивним стилем* людини розуміється сукупність критеріїв переваги при рішенні задач і пізнанні миру, специфічна для кожної людини. Когнітивний стиль визначає не стільки ефективність діяльності, скільки спосіб досягнення результату . Це спосіб пізнання, що дозволяє людям з різними здатностями домагатися однакових результатів у діяльності. Це система засобів й індивідуальних прийомів, до яких прибігає людина для організації своєї діяльності.

Інженерові по знаннях корисно вивчити й прогнозувати свій когнітивний стиль, а також стиль експерта. Особливо важливі такі характеристики когнітивного стилю, як:

- полезалежність - полenezалежність;
- імпульсивність - рефлексивність (рефлексивність);
- ригідність - гнучкість;
- діапазон когнітивної еквівалентності.

Полнезалежність. Ця властивість дозволяє людині акцентувати увагу лише на тих аспектах проблеми, які необхідні для рішення конкретної задачі, і вміння відкидати все зайве, тобто не залежати від тла або навколишню задачу шумового поля. Ця характеристика корелює з такими рисами особистості, як невербальний інтелект, аналітичність мислення, здатність до розуміння суті. Очевидно, що крім того, що самому аналітикові необхідно мати високе значення параметра, полнезалежний експерт - це теж бажаний фактор. Однак доводиться враховувати, що більше мають потребу в спілкуванні полнезалежні люди, а тому вони й більше контактні .

Особливо корисні для спілкування гетерогенні (змішані) пари, наприклад "полнезалежний - полнезалежний" . У літературі описані різні експерименти, що моделюють спілкування, що вимагає розуміння й спільної діяльності. Найбільш успішним у розумінні виявилися полнезалежні випробувані (92% успіху), для порівняння полнезалежні давали 56% успіху.

Для спільної професійної діяльності важлива також гнучкість когнітивної організації, що пов'язана з полнезалежністю. Отже, більшу здатність до адекватного розуміння партнера демонструють суб'єкти з високою психологічною диференціацією, тобто полнезалежністю.

Полнезалежність є однією з характерних професійних рис когнітивного стилю найбільш кваліфікованих інженерів по знаннях. По деяких результатах чоловіки більше полнезалежні, ніж жінки.

Імпульсивність. Під *імпульсивністю* розуміється швидке ухвалення рішення (часто без його достатнього обґрунтування), а під *рефлексивністю* — схильність до розважливості. Рефлексивність за експериментальними даними корелює зі здатністю до формування понять і продуктивністю стратегій рішення логічних задач. Таким чином, і інженерові по знаннях, і експертові бажано бути рефлексивним, хоча власний стиль змінюється лише частково й з більшою напругою.

Ригідність. *"Ригідність — гнучкість"* характеризує здатність людини до зміни установок і точок зору відповідно до змінної ситуації. Ригідні люди не схильні міняти свої подання й структуру сприйняття, навпроти, гнучкі легко пристосовуються до нової обстановки. Очевидно, що якщо експерт ще може собі дозволити ригідність (що характерно для довго працюючих над однією проблемою фахівців, особливо старшого віку), те для інженера по знаннях ця характеристика когнітивного стилю явно протипоказана. Збільшення ригідності з віком відзначається багатьма психологами .

Діапазон когнітивної еквівалентності. *Когнітивна еквівалентність* характеризує здатність людини до розрізнення понять і розбивці їх на класи й підкласи. Чим уже діапазон когнітивної еквівалентності, тим більше тонку класифікацію здатний провести індивід, тим більша кількість ознак понять він може виділити. Звичайно в жінок діапазон когнітивної еквівалентності вужче, ніж більше широкий діапазон у чоловіків.

Семантична репрезентативність

Ця проблема має на увазі підхід, що виключає традиційне нав'язування експертові якоїсь моделі подань (наприклад, продукційної або фреймової), і, навпроти, змушує інженера по знаннях послідовно відтворювати модель миру експерта, використовуючи як неформальні методи, так і математичний апарат, наприклад багатомірне шкалювання. Проблема семантичної репрезентативності орієнтована на досягнення когнітивної адекватності поля знань і концептуальної моделі. У даний момент вона може бути сформульована як проблема "зіпсованого телефону" (див. розд. 2.1, мал. 2.4) — можливі трансформації й втрати в ланцюзі передачі інформації.

2.3.2. Лінгвістичний аспект

Лінгвістичний аспект стосується досліджень мовних проблем, тому що мова - це основний засіб спілкування в процесі добування знань.

Відразу ж слід домовитися про, що оскільки книга присвячена проблемам розробки ЕС, то область розробки природно-мовних інтерфейсів і весь спектр проблем, пов'язаних з нею - лексичних, синтаксичних, семантичних, прагматичних і т.д. , не розглядається.

В інженерії знань можна виділити три шари лінгвістичних проблем (мал. 2.11):

- "загальний код";
- понятійна структура;
- словарь користувача.

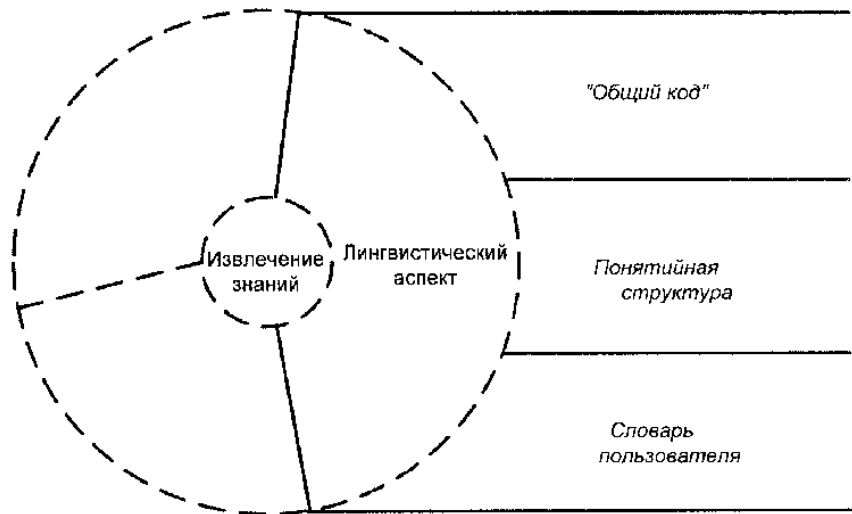


Рис. 2.11. Лінгвістичний аспект добування знань

"Загальний код"

"Загальний код" вирішує проблему мовних розривів між професійною термінологією експерта й повсякденною літературною мовою інженера по знаннях і включає наступні компоненти:

- загальнонаукова термінологія;
- спеціальні поняття із професійної літератури;
- елементи побутової мови;
- неологізми, сформовані за час спільної роботи;
- професійний жаргон й ін.

Деталізуючи схему спілкування (див. мал. 2.8), можна представити засобу спілкування як два потоки, що складаються з компонентів V_1 й V_2 — відповідно мови, на яких говорять аналітик й експерт (V_1' й V_2' — невербальні компоненти). Розходження мов V_1 й V_2 і спричиняється "язиковий бар'єр" або "язикові ножиці" у спілкуванні інженера по знаннях й експерта.

Ці дві мови є відбиттям "внутрішньої мови" експерта й аналітика, оскільки більшість психологів і лінгвістів вважають, що мова - це основний засіб мислення, поряд з іншими знаковими системами "внутрішнього користування" (універсальний семантичний код - УСК , мови "змісту" , концептуальні мови й ін.).

Мова аналітика V_1 складається із трьох компонентів:

- загальнонаукової термінології з його "теоретичного багажу";
- термінів предметної області, які він почерпнув зі спеціальної літератури в період підготовки;
- побутової розмовної мови, яким користується аналітик.

Мова експерта V_2 включає:

- загальнонаукову термінологію;
- спеціальну термінологію, прийняту в предметній області;
- побутова мова;
- неологізми, створені експертом за час роботи, тобто його професійний жаргон.

Якщо вважати, що побутова й загальнонаукова мова у двох учасників спілкування приблизно збігається (хоча реально об'єм другого компонента в експерта істотно більше), то деяка загальна мова або код, яким необхідно виробити партнерам для успішної взаємодії, буде складатися з потоків, представлених на мал. 2.12.

Надалі цей загальний код перетвориться в деяку понятійну (семантичну) мережа, що є прообразом поля знань предметної області.

Вироблення загального коду починається з виписуванням аналітиком всіх термінів, уживаних експертом, і уточнення їхнього змісту. Фактично це складання словника предметної області. Потім треба групування термінів і вибір синонімів (слів, що означають те саме). Розробка загального коду закінчується складанням словника термінів предметної області з попереднім угрупованням їх за змістом, тобто по понятійній близькості (це вже перший крок структурування знань).

На цьому етапі аналітик повинен з більшою увагою віднестися до всіх спеціальних термінів, намагаючись максимально вникнути в суть розв'язуваних проблем і термінологію. Освоєння аналітиком мови предметної області - перший рубіж на підступах до створення адекватної бази знань.

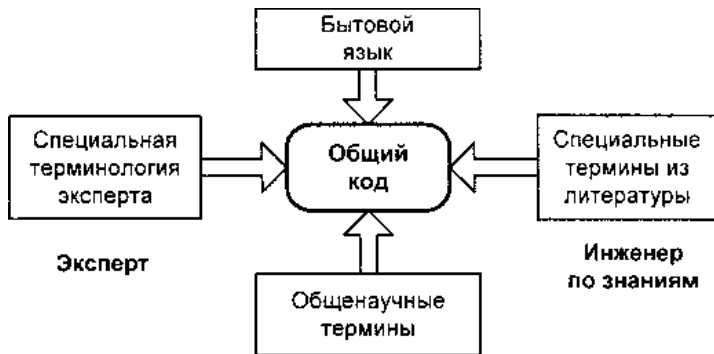


Рис. 2.12. Структура загального коду

Рис. 2.13 дає подання про процес неоднозначності інтерпретації термінів двома фахівцями. У семіотиці, науці про знакові системи, проблема інтерпретації є однією із центральних. Інтерпретація зв'язує "знак" й "означуваний предмет". Тільки в інтерпретації знак одержує зміст. Так, на мал. 2.13 слова "прилад X" для експерта означають деяку конкретну схему, що відповідає схемі оригіналу приладу, а в голові починаючого аналітика слова "прилад X" викликають порожній образ або деякий чорний ящик з ручками

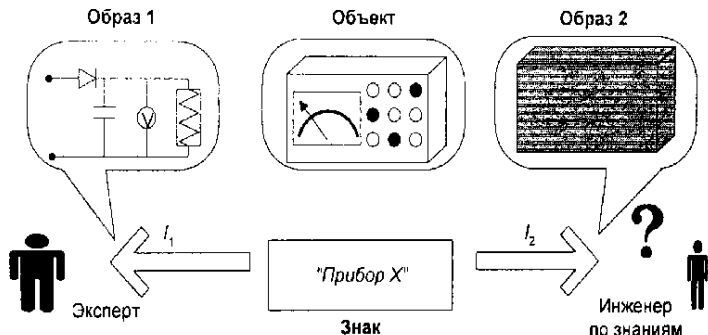


Рис. 2.13. Неоднозначність інтерпретації

Увага до лінгвістичного аспекту проблеми добування знань сприяє зближенню образу 1 з образом 2 й інтерпретації *I1* з інтерпретацією *I2*, а слова "прилад *X*" перейдуть у дійсно "загальний" код.

Понятійна структура

Особливості формування понятійної структури обумовлені встановленим постулатом когнітивної психології про взаємозв'язок понять у пам'яті людини й наявності семантичної мережі, що поєднує окремі терміни у фрагменти, фрагменти в сценарії й т.д. Побудова ієрархічної мережі понять, так названої "піраміди знань" (див. розд. 2.1), — найважливіша ланка в проектуванні інтелектуальних систем.

Більшість фахівців зі штучного інтелекту й когнітивної психології вважають, що основна особливість природного інтелекту й пам'яті зокрема - це зв'язаність всіх понять у деяку мережу. Тому для розробки бази знань і потрібний не словник, а "енциклопедія", у якій всі терміни пояснені в словникових статтях з посиланнями на інші терміни.

Таким чином, лінгвістична робота інженера по знаннях на даному шарі проблем полягає в побудові таких зв'язаних фрагментів за допомогою "зшивання" термінів. Фактично ця робота є підготовкою до етапу концептуалізації, де це "шиття" (по Шенку - КІП, концептуальна організація пам'яті) здобуває деякий закінчений вид.

При ретельній роботі аналітика й експерта в понятійних структурах починає проглядатися ієрархія понять. Такі структури мають найважливіше гносеологічне й дидактичне значення й останнім часом для них використовується спеціальний термін — *онтологія*. Варто помітити, що ця ієрархічна організація добре погодиться з теорією універсального предметного коду (УПК), відповідно до якої при мисленні використовуються не мовні конструкції, а їхні коди у формі деяких абстракцій, що в загальному погодиться з результатами когнітивної психології.

Онтологія або ієрархія абстракцій - це глобальна схема, що може бути покладена в основу концептуального аналізу структури знань будь-якої предметної області. Лінгвістичний еквівалент ієрархії - ієрархія понять, яку необхідно побудувати в понятійній структурі, формованої інженером по знаннях (мал. 2.14).

Варто підкреслити, що робота зі складання словника й понятійної структури вимагає лінгвістичного "чуття", легкості маніпулювання термінами й багатого словникового запасу інженера по знаннях, тому що найчастіше аналітик змушений самостійно розробляти словник ознак. Чим багаче й виразніше виходить загальний код, тим повніше база знань.

Аналітик змушений увесь час пам'ятати про труднощі передачі образів і подань у вербальній формі. Корисними отут виявляються властивості багатозначності слів природної мови. Часто інженерові по знаннях доводиться підказувати слова й вираження експертові, і такі нові лексичні конструкції виявляються корисними.

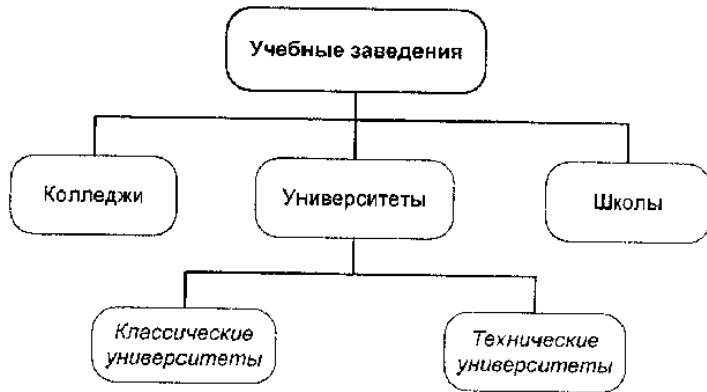


Рис. 2.14. Пример ієрархії абстракцій

Здатність до словесної інтерпретації залежить і від підлоги аналітика. Установлено, що традиційно жінки надають більшу значимість невербальним компонентам спілкування, а у вербальні мають більше великий алфавіт ознак. І взагалі, існують полові розходження сприйняття не тільки в побутовій сфері, що очевидно, але й у професійній. Отже, в експерта-чоловіка й в експерта-жінки можуть істотно відрізнятись алфавіти для вербалізації ознак сприйманих об'єктів.

Словник користувача

Формування загального коду й розробка понятійної структури спрямовані на створення адекватної бази знань. Однак часто професійний рівень кінцевого користувача не дозволяє йому застосувати спеціальна мова предметної області в повному об'ємі.

Несподіваними для починаючих розроблювачів є проблеми формування окремого словника для створення дружнього інтерфейсу з користувачем ЕС. Необхідні спеціальні прийоми, що збільшують "прозорість" і доступність системи. Для розробки користувальницького інтерфейсу потрібна додаткова доробка словника загального коду з виправленням на доступність й "прозорість" системи.

Так, при розробці експертної системи по психодіагностиці АВТАНТЕСТ довелось розробити два словники термінів - один для психологів-професіоналів, другий - для неспеціалістів (випробуваних). Оскільки результат психодіагностичного тестування завжди цікавий випробуваному, йому видається лістинг із психологічним висновком загальнолітературною мовою без уживання спеціальних термінів. Цікаво, що при впровадженні системи використався в основному цей другий словник; навіть професійні психологи воліли одержувати тексти повсякденною мовою.

2.3.3. Гносеологічний аспект

Гносеологічний аспект добування знань поєднує методологічні проблеми одержання нового наукового знання, оскільки при створенні БЗ експерт часто вперше формулює деякі закономірності, до того моменту складаючи його особистий досвід. Гносеологія це розділ філософії, пов'язаний з теорією пізнання, або теорією відбиття дійсності у свідомості людини.

Інженерія знань як наука, якщо можна так виразитися, двічі гносеологічна — спочатку дійсність (*ПРО*) відбивається у свідомості експерта (M_1), а потім діяльність і досвід експерта інтерпретуються свідомістю інженера по знаннях (M_2), що служить уже основою для побудови третьої інтерпретації (P_z) — поля знань експертної системи (див. мал. 2.4). Процес пізнання, по суті, спрямований на створення внутрішньої репрезентації навколишнього світу у свідомості людини.

Якщо описати процеси інтерпретації I_2 й I_3 у термінології, уведеної в розд. 1, то ми маємо справу з перетворенням експертного знання й теоретичного (книжкового) досвіду Z_1 у поле знань Z_2 , що є матеріалізація моделі миру M_2 інженера по знаннях.

У процесі добування знань аналітика в основному цікавить компонент Z_1 , пов'язаний з неканонічними індивідуальними знаннями експертів, оскільки предметні області, що вимагають саме такого типу знань, вважаються найбільш сприйнятливими до впровадження експертних систем. Ці області звичайно називають емпіричними, тому що в них накопичений великий об'єм окремих емпіричних фактів і спостережень, у той час як їхнє теоретичне узагальнення - питання майбутнього.

Якщо вважати, що інженер по знаннях витягає тільки фрагмент Z_1' , тобто частина із системи знань експерта Z_1 , то його задача, по-перше, намагатися, щоб структура Z_1' відповідала Z_1 й, по-друге, щоб Z_1' як можна більш повно відбивав Z_1 .

Познання часто супроводжується створенням нових понять і теорій. Іноді експерт породжує нові знання прямо в ході бесіди з аналітиком. Така генерація знань корисна й самому експертові, що до того моменту міг не усвідомлювати ряд співвідношень і закономірностей предметної області. Аналітикові може допомогти отут й інструментарій системної методології, що дозволяє використати відомі принципи логіки наукових досліджень, понятійної ієрархії науки. Ця методологія змушує його за часткою завжди прагнути побачити загальне, тобто будувати ланцюжка:

факт -> узагальнений факт -> емпіричний закон ->
теоретичний закон.

Не завжди вдається дійти до останньої ланки цього ланцюжка, але вже саме прагнення до просування буває надзвичайно плідним. Такий підхід повністю погодиться зі структурою самого знання, що має два рівні:

- емпіричний (спостереження, явища);
- теоретичний (закони, абстракції, узагальнення).

Основними методологічними критеріями стрункості виявленої системи знань можна вважати :

- внутрішню погодженість;
- системність;
- об'єктивність;
- історизм.

Внутрішня погодженість

На перший погляд критерій внутрішньої погодженості знання не відповідає реальним характеристикам, що описують знання. Будь-яке емпіричне знання *суперечливо й неповно*. Ці характеристики емпіричних знань підкреслюють його "багатоукладність" - настільки часто факти не погодяться один з одним, визначення суперечать, критерії дифузні й т.д. Аналітикові, що знає особливості емпіричного знання, доводиться згладжувати ці "шорсткості" емпірики. Можлива суперечливість емпіричного знання - природний наслідок з основних законів діалектики, і протиріччя ці не завжди повинні дозволятися в поле знань, а навпроти, саме протиріччя служать найчастіше відправною крапкою в міркуваннях експертів.

Неповнота знання пов'язана з неможливістю повного опису предметної області. Задача аналітика цю неповноту обмежити певними рамками "повноти", тобто звузити границі предметної області, або ввести ряд обмежень і допущень, що спрощують проблему.

Крім того, емпіричне знання є модальним. **Модальність знання** означає можливість його існування в різних категоріях, тобто в конструкціях існування й повинності. Таким чином, частина закономірностей можлива, інша обов'язкова й т.д. Крім того, доводиться розрізняти такі відтінки модальності, як:

- експерт знає, що...;
- експерт думає, що...;
- експерт хоче, щоб...;
- експерт уважає, що...

Системність

Системно-структурний підхід до пізнання (щосходить ще до Гегеля) орієнтує аналітика на розгляд будь-якої предметної області з позицій закономірностей системного цілого й взаємодії складових його частин.

Сучасний структуралізм виходить із багаторівневої ієрархічної організації будь-якого об'єкта, тобто всі процеси і явища можна розглядати як множину більше дрібних підмножин (ознак, деталей) і, навпаки, будь-які об'єкти можна (і потрібно) розглядати як елементи більше високих класів узагальнень. Наприклад, системний погляд на проблематику структурування знань дозволяє побачити його ієрархічну організацію. .

Об'єктивність

Процес пізнання глибоко суб'єктивний, тобто він істотно залежить від особливостей самого суб'єкта, що пізнає. "Факти існують для одного ока й відсутні для іншого" (Віппер). Таким чином, суб'єктивність починається вже з опису фактів і збільшується в міру поглиблення ідеалізації об'єктів.

Отже, більш коректно говорити про глибину розуміння, чим про об'єктивність знання. Розуміння - це співтворчість, процес тлумачення об'єкта з погляду суб'єкта. Це складний і неоднозначний процес, що відбувається в глибинах людської свідомості й потребуючої мобілізації всіх інтелектуальних й емоційних здатностей людини. Всі свої зусилля аналітик повинен зосередити на розумінні проблеми.

У психології відомий результат, що підтверджує факт, що люди, швидко й успішно вирішальні інтелектуальні задачі, більшу частину часу витрачають на розуміння її, у той час як погані розв'язувачі швидко приступають до пошуків рішення й найчастіше не можуть його знайти.

Історизм

Цей критерій пов'язаний з розвитком. Пізнання сьогодення - є пізнання його минулого, що породило. І хоча більшість експертних систем дають "горизонтальний" зріз знань - без обліку часу (у статиці), інженер по знаннях повинен завжди розглядати процеси з урахуванням тимчасових змін - як зв'язок з минулим, так і зв'язок з майбутнім. Наприклад, структура поля знань і база знань повинні допускати підстроювання й корекцію як у період розробки, так і під час експлуатації ЕС.

Методологія процесу одержання нового знання

Методологічно діяльність аналітика може бути представлена як деяка послідовність етапів :

- E_1: опис й узагальнення фактів;
- E_2: установлення логічних і математичних зв'язків, дедукція й індукція законів;
- E_3: побудова моделі;
- E_4: пояснення й пророкування явищ.

Е_1: опис й узагальнення фактів

Старанність і повнота ведення протоколів під час процесу добування й пунктуальна "домашня робота" над ними - от застава продуктивного першого етапу пізнання й матеріал для опису й узагальнення фактів.

На практиці виявляється важким дотримуватися принципів об'єктивності й системності, описаних вище. Найчастіше на цьому етапі факти просто збирають й як би кидають в "загальний мішок"; досвідчений інженер по знаннях часто відразу намагається знайти "поличку" або "шухлядка" для кожного факту, тим самим підспудно готуючись до етапу концептуалізації.

Е_2: установлення зв'язків

У пам'яті експерта всі поняття вв'язані й закономірності встановлені, хоча часто й неявно, задача інженера - виявити каркас умовиводів експерта. Реконструюючи міркування експерта, інженер по знаннях може опиратися на дві найбільш популярні теорії мислення - логічну й асоціативну. При цьому якщо логічна теорія завдяки гарячим шанувальникам в особі математиків широко цитується й усіляко експлуатується в роботах по штучному інтелекті, те друг, асоціативна, набагато менш відома й популярна, хоча має також древніх корінь. Так, Р. Фейнман у своїх "Лекціях по фізиці" відзначає, що у фізику як і раніше переважним є вавилонський, а не грецький метод побудови знань. Відомо, що давньоосхідні математики вміли робити складні обчислення, але формули їх не були логічно вв'язані. Навпроти, грецька математика дедуктивна (наприклад, "Початку" Евкліда).

Традиційна логіка формує критерії, які гарантують точність, валідність, несуперечність загальних понять міркувань і висновків. Її основи закладені ще в "Органоне" Аристотеля в IV в. до н.е. Великий внесок у розвиток логіки вніс Джон Стюарт Міль (1806-1873).

Інженер по знаннях і сам використовує операції традиційної логіки й виділяє їх у схемі міркувань експерта. Це наступні операції:

- визначення;
- порівняння й розрізнення;
- аналіз;
- абстрагування;
- узагальнення;
- класифікація;
- категоризація;
- утворення суджень;
- умовивід;
- складання силогізмів і т.д.

Однак краса й стрункість логічної теорії не повинні заслоняти той, що людина рідко мислить у категоріях математичної логіки.

Теорія асоціацій представляє мислення як ланцюжок ідей, зв'язаних загальними поняттями. Основними операціями такого мислення є:

- асоціації, придбані на основі різних зв'язків;
- пригадування минулого досвіду;
- проби й помилки з випадковими успіхами;
- звичні ("автоматичні") реакції й ін.

Однак ці дві теорії не вичерпують усього різноманіття психологічних шкіл. Великий інтерес для інженерії знань може представляти гештальтпсихологія. Одним з її засновників є видатний німецький психолог М. Вертгеймер (1880-1943). Під гештальтом (ньому. Gestalt) розуміється принцип цілісності сприйняття - як основа мислення. Гештальтпсихологи намагаються у всьому виділяти якийсь цілісний образ або структуру як базис для розуміння процесів й явищ навколишнього світу. Ця теорія близька теорії фреймів й об'єктному підходу й спрямована на збагнення глибинного знання, що характеризується стабільністю й симетрією. При цьому важливий так званий "центр ситуації", щодо якого розвивається знання про предметну область.

Для інженера по знаннях це означає, що, виявляючи різні фрагменти знань, він не повинен забувати про головний, про гештальте фрагмент, що впливає на інші компоненти й зв'язує їх у деяку структурну одиницю. Гештальтом може бути якийсь головний принцип, або ідея, або гіпотеза експерта, або його віра в силу якихось окремих концепцій. Цей принцип рідко формулюється експертом явно, він завжди як би за "кадром", і мистецтво інженера по знаннях - виявити цей основний гештальт експерта.

У гештальт теорії існує закон "прагнення до гарного гештальту", відповідно до якого структури свідомості прагнуть до гармонії, зв'язності, простоті. Це близько до стародавнього класичного принципу "бритви Оккама" - "сутності не повинні множитися без необхідності" - і формулюється як принцип прегнантності Вертгеймера: "Організація поля має тенденцію бути настільки простій й ясною, наскільки дозволяють дані умови". Міркування про гештальте підводять впритул до третього етапу в структурі пізнання.

Е_3: побудова моделі

Необхідна спеціалізована мова, за допомогою якого можна описувати й конструювати ті ідеалізовані моделі миру, які виникають у процесі мислення. Мова цей створюється поступово за допомогою категоріального апарата, прийнятого у відповідній предметній області, а також формально-знакових засобів математики й логіки. Для емпіричних предметних областей така мова поки не розроблена й поле знань, що напівформалізованим способом опише аналітик, може бути першим кроком до створення такої мови.

Будь-яке пізнавальне відбиття містить у собі умовність, тобто спрощення й ідеалізацію. Інженерові по знаннях необхідне оволодіння такими специфічними гносеологічними прийомами, як ідеалізація, огрубіння, абстрагування, які дозволяють адекватно відображати в моделі реальну картину миру. Ці прийоми доводять властивості й ознаки об'єктів до меж, що дозволяють відтворювати закони дійсності в більше лаконічному виді (без впливу несуттєвих деталей).

На тернистому шляху пізнання перевірений діалектичний підхід виявляється кращим "поводирем". Інженер по знаннях, що прагне пізнати проблемну область, повинен бути готів постійно змінювати свої вже, що затвердилися способи, сприйняття й оцінки миру й навіть відмовлятися від них. При цьому ретельніше всього варто перевіряти правильність суджень, які здаються самими очевидними.

Е_4: пояснення й проорокування явищ

Цей завершальний етап є одночасно й частковим критерієм істинності отриманого знання. Якщо виявлена система знань експерта повна й об'єктивна, то на її підставі можна робити прогнози й пояснювати будь-які явища з даної предметної області. Звичайно бази знань ЕС страждають фрагментарністю й модульністю (незв'язаністю) компонентів. Все це не дозволяє створювати дійсно інтелектуальні системи, які, рівняючись на людину, могли б проорокувати нові закономірності й пояснювати випадки, не зазначені в явному виді в базі. Виключенням отут є навчальні системи, які орієнтовані на генерацію нових знань і на "проорокування".

Пропонована методологія озброює аналітика апаратом, що дозволяє уникнути традиційних помилок, що приводять до неповноти, суперечливості, фрагментарності БЗ, і вказує напрямом, у якому необхідно рухатися розроблювачам. І хоча на сьогоднішній день більшість БЗ проробляються лише до етапу Е_3, знання повної схеми збагачує й поглиблює процес проектування.

2.4. Методи практичного добування знань

Розглянемо, якими практичними методами можна одержати знання. У попередніх розділах за замовчуванням передбачалося, що ця деяка взаємодія інженера по знаннях й експерта у формі безпосереднього живого спілкування. У літературі згадуються близько 15 ручних (неавтоматизованих) методів добування й більше 20 автоматизованих методів придбання й формування знань.

Розглянемо класифікацію методів добування знань, що дозволить інженерам по знаннях залежно від конкретної задачі й ситуації вибрати підходящий метод (мал. 2.15).

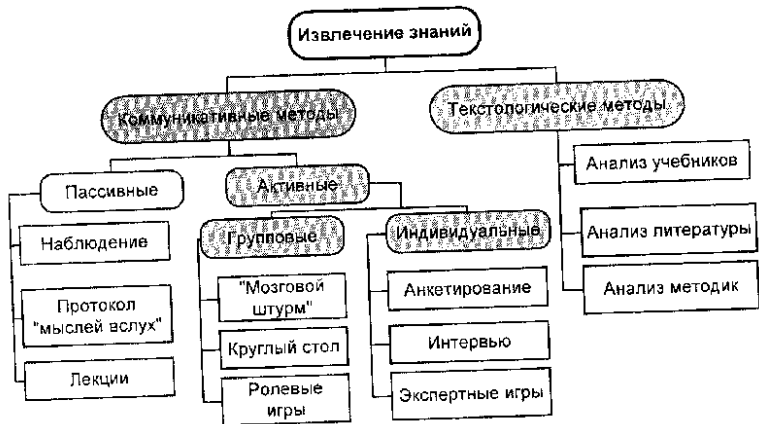


Рис. 2.15. Класифікація методів добування знань

При такій класифікації як основний принцип ділення виступає джерело знань. Відповідно всі методи діляться на:

- комунікативні;
- текстологічні.

Визначення 2.6

Комунікативні методи добування знань — це набір прийомів і процедур, що припускають контакт інженера по знаннях з безпосереднім джерелом знань — експертом, а ***текстологічні*** включають методи добування знань із документів (методик, посібників, керівництв) і спеціальної літератури (статей, монографій, підручників).

Поділ цих груп методів на верхньому рівні класифікації не означає їхньої антагоністичності, звичайно інженер по знаннях комбінує різні методи, наприклад спочатку вивчає літературу, потім розмовляє з експертами, або навпаки.

У свою чергу, комунікативні методи можна також розділити на дві групи: *пасивні* й *активні*.

Пасивні методи мають на увазі, що провідна роль у процедурі добування передається експертові, а інженер по знаннях тільки протоколює міркування експерта під час його реальної роботи із прийняття рішень або записує те, що експерт вважає потрібним самостійно розповісти у формі лекції. В активних методах, навпроти, ініціатива повністю в руках інженера по знаннях, що активно контактує з експертом різними способами - в іграх, діалогах, бесідах за круглим столом і т.д.

Треба ще раз підкреслити, що й активні й пасивні методи можуть чергуватися навіть у рамках одного сеансу добування знань. Наприклад, якщо інженер по знаннях соромливий і не має великого досвіду, те спочатку він може використати пасивні методи, а поступово, ближче знайомлячи з експертом, захоплювати ініціативу й переходити "у настання".

Пасивні методи на перший погляд досить прості, але насправді жадають від інженера по знаннях уміння чітко аналізувати потік свідомості експерта й виявляти в ньому значимі фрагменти знань. Відсутність зворотного зв'язку (пасивність інженера по знаннях) значно послабляє ефективність цих методів, чим і порозумівається їх звичайно допоміжна роль при активних методах.

Активні методи можна розділити на дві групи залежно від числа експертів, що віддають свої знання. Якщо їхнє число більше одного, то доцільно крім серії індивідуальних контактів з кожним застосовувати й методи групових обговорень предметної області.

Такі групові методи звичайно активізують мислення учасників дискусій і дозволяють виявляти досить нетривіальні аспекти їхніх знань. У свою чергу, індивідуальні методи на сьогоднішній день залишаються ведучими, оскільки настільки делікатна процедура, як "відібрання знань", не терпить зайвих свідків.

Ігрові методи зараз широко використовуються в соціології, економіці, менеджменті, педагогіці для підготовки керівників, учителів, лікарів й інших фахівців. Гра - це особлива форма діяльності й творчості, де людин розкріпачується й відчуває себе набагато вільніше, ніж у звичайній трудовій діяльності.

На вибір методу впливають три фактори: особистісні особливості інженера по знаннях, особистісні особливості експерта й характеристика предметної області.

Одна з можливих класифікацій людей по психологічних характеристиках ділить усіх на три типи:

- мислитель (пізнавальний тип);
- співрозмовник (емоційно-комунікативний тип);
- практик (практичний тип).

Мислителі орієнтовані на інтелектуальну роботу, навчання, теоретичні узагальнення й мають такі характеристики когнітивного стилю, як полenezалежність і рефлексивність (див. розд. 2.3).

Співрозмовники - це товариські, відкриті люди, готові до співробітництва. Практики віддають перевагу дії розмовам, добре реалізують задуми інших, спрямовані на результативність роботи.

Для характеристики предметних областей можна запропонувати наступну класифікацію (мал. 2.16):

- добре документовані;
- середньо документовані;
- слабо документовані.

Ця класифікація пов'язана зі співвідношенням двох видів знань Z_1 й Z_2 , уведених у розд. 1.1, де Z_1 — це експертне "особисте" знання, а Z_2 — матеріалізоване в книгах "загальне" знання в даній конкретній області. Якщо представити знання Z_{no} предметної області як об'єднання Z_1 й Z_2 , тобто $Z_{no} = Z_1 \cup Z_2$, то мал. 2.16 наочно ілюструє запропоновану класифікацію.

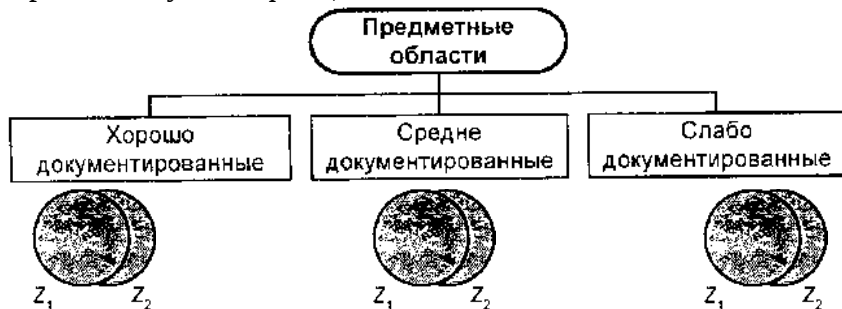


Рис. 2.16. Класифікація предметних областей

Крім цього, предметні області можна розділити за критерієм структурованості знань. Під структурованістю будемо розуміти ступінь теоретичного осмислення й виявленості основних закономірностей і принципів, що діють у даній предметній області. І хоча ЕС традиційно застосовуються в слабо структурованих предметних областях, зараз спостерігається тенденція розширення сфери впровадження експертних систем.

По ступені структурованості знань предметні області можуть бути:

- *добре структурованими* — із чіткої аксіоматизацією, широким застосуванням математичного апарата, що встоялася термінологією;
- *середньо структурованими* — з термінологією, що визначилася, що розвивається теорією, явними взаємозв'язками між явищами;
- *слабо структурованими* — з розмитими визначеннями, багатою емпірикою, схованими взаємозв'язками, з більшою кількістю “білих плям”.

Уведені в даному розділі класифікації методів і предметних областей допоможуть інженерові по знаннях, чітко визначивши свою предметну область, співвіднести її із запропонованими типами й намітити підходящий метод або групу методів добування знань. Однак, швидше за все, реальна робота повністю закреслить його вибір, і виявиться, що його добре документована область є слабо документованою, а метод спостережень треба терміново замінити іграми!

Така реальна складність процедур добування знань, що вимагає спеціальної підготовки аналітика. Краща підготовка — це підвищення кваліфікації на спеціальних курсах (наприклад, в “Школі аналітика” (<http://www.ber.ru>)). Самопідготовка (мал. 2.17) включає:

- загальну;
- спеціальну (частково може збігатися із пропонованою в підготовкою до журналістського інтерв'ю), доповнену у зв'язку зі специфікою інженерії знань;
- конкретну (базується на прочитанні спеціальних текстів, обраних разом з експертами з деякого "базового" списку літератури, що поступово введе аналітика в предметну область. У цьому списку можуть бути підручники для початківців, глави й фрагменти з монографій, популярні видання);
- психологічну.

Підготовка забирає різний час залежно від ступеня професіоналізму аналітика, але в кожному разі вона необхідна, тому що трохи зменшує ймовірність самого нераціонального методу - методу проб і помилок.



Рис. 2.17. Підготовка до добування знань