

ЛЕКЦІЯ №8

ЕВОЛЮЦІЯ ЕС. ПЕРСПЕКТИВИ ЕС. ВЕРСІЇ МОВ.

ПЛАН

8.1 Введення.

8.2 Історичний розвиток. Еволюція.

8.3 Перспективи розвитку ЕС.

8.4 Версії мов логічного програмування Пролог.

8.5 Великомасштабні експертні системи. Приклади

Час: 2 години.

Література: [1-23]

8.1 Введення.

Як визначають фахівці, експертна система - це інтелектуальна комп'ютерна програма, яка може давати ради, консультувати, проводити аналіз і ставити діагноз на рівні фахівця в деякій вузькій предметній області. У звичайних користувачів, що звикли до Windows і іншим засобам (перевірка граматики в Word:), дане твердження може викликати посмішку й сумніву. Але, я вас запевняю, порівнювати той софт, який установлений на наших комп'ютерах, з експертними системами, щонайменше, некоректно. Вони, на відміну від інших програмних продуктів, використовують при роботі не тільки дані, але ще знання й спеціальні механізми висновку розв'язків і нових знань на основі наявних. Пошук розв'язку може здійснюватися логічними, евристичними (працюючими, але, що не мають строгого обґрунтування), математичними (аналітичними й імітаційними) і гібридними методами.

Виникле в середині 60-х років минулого століття новий напрямок у штучному інтелекті з тих пор тільки прискорює темпи свого розвитку. Сьогодні будь-яка експертна система окупається миттєво, приносячись величезну користь у тих областях, де спостерігається недолік фахівців або існує реальна небезпека для їхнього життя (атомні електростанції). ЕС знаходять широке застосування в медицині, мікроелектроніці, геології, військовій справі, навігації і т.ін. Наприклад, HASP/SIAP визначає місце розташування й типи судів у тихому океані по даним акустичних систем спостереження.

Кожна експертна система має інтелектуальний природно-язиковий або мовний інтерфейс (помніть вступ?). Адже коло її спілкування - не програмісти й хакери, а звичайні люди, що володіють комп'ютерною грамотою.

Крім того, ЕС включає підсистеми пояснення й навчання для інтерпретації власних міркувань. Її зразкова схема представлена на малюнку.

Тепер звернемося до історії й постараємося простежити етапи розвитку експертних систем.

8.2 Історичний розвиток. Еволюція.

Історія появи першої ЕС DENDRAL.

Усе почалося в далеких шістдесятих, які принесли миру біт- і рок-музику, різні молодіжні рухи начебто хіпі й пропаганду волі вдач. У той час у космос відправилася перша людина, медицина ознаменувалася успіхами в клінічній трансплантації органів (перше успішне пересадження серця), були закладені основи сучасних операційних систем.

Тоді Едвард Фейгенбаум (Edward Feigenbaum), дослідник в області штучного інтелекту, як і багато вчених його часу, замислювався над тем, чи може машина думати й міркувати подібно людині і як багато знань у неї можливо вкласти (www.atariarchives.org/deli/expert_systems.php). Він уважав, що відповідь удасться одержати, тільки сконструювавши таку "мислячу" систему. Але який же науковий напрямок вибрати для експериментів? У якій предметній області розробки Фейгенбаума принесли б більшу користь? Розв'язати ці питання допоміг лауреат нобелівської премії, біохімік Джошуа Ледерберг (Joshua Lederberg). Він запропонував створити комп'ютерного помічника, який міг би визначати шляхом розрахунків молекулярну структуру хімічних сполук і який, за словами Ледерберга, був просто необхідний в органічній хімії. Так з'явилася ідея про побудову експертної системи DENDRAL.

В 1965 році в Стендфордском університеті (Stanford University) Едвард Фейгенбаум, Джошуа Ледерберг, що й примкнув до них Брюс Бученен (Bruce Buchanan) почали роботи зі створення першої експертної системи. Однієї з головних проблем, яку вченим належало розв'язати, була побудова гнучкої програми, що оперує із численними знаннями й працюючої за правилами логіки ("якщо - те"). Однак, як виявилось, складніше всього було створити базу даних, що включає знання багатьох фахівців в органічній хімії. Для цього розроблювачам DENDRAL довелося опитати якнайбільше експертів. Придбання знань - не такий легкий процес, як це може здатися на перший погляд. Одна справа зібрати факти, інше - пізнання конкретної людини. Тому опитуваним фахівцям була надана спеціальна програма, яка робила деякі "умовиводи", правдивість або хибність яких

їм потрібно було встановити й пояснити. Таким чином, відокремивши механізм логічного висновку від бази знань, Бученен запропонував гарний інструмент для створення експертних систем.

Однієї з найперших подібних програм була META-DENDRAL. З її допомогою й за допомогою аналогічних розробок були побудовані такі ЕС, як PROSPECTOR, MYCIN і CYRUS.

Розвиток ЕС в 80-х роках.

З 70-х років ЕС стали провідним напрямком в області штучного інтелекту. У цей період була створена безліч різноманітних експертних і діагностичних систем, більша частина яких діє й сьогодні. Найвідомішими з них є MYCIN, що служить для діагностики й лікування інфекційних захворювань, і PROSPECTOR, призначена для геологічної розвідки родовищ корисних копалин.

Перша версія ЕС MYCIN була побудована у вже знайомому нам Стендфордському університеті в середині 70-х років. Її творець - лікар і фахівець в області обчислювальної техніки Едвард Шортлайф (Edward Shortliffe). От ми й добралися до самої популярної області застосування експертних систем - медицини. Справа в тому, що діагностика багатьох захворювань для успішного видужання пацієнта повинна проводитися оперативно. Іноді максимально можливі строки визначення методу лікування становлять від одного до двох доби. Крім того, кожна людина, ідучи на приймання до лікаря, прагне сподіватися, що його прийме професіонал, який виразно пояснить причину нездужання й запропонує одну або кілька ефективних методик лікування. Будь-яка медична експертна система, що містить знання й логікові міркування кращих фахівців у світі, може це дозволити.

Як же відбувається спілкування пацієнта й машини? Звичайно, на природній людській мові, і це характерно, як було сказано, для всіх ЕС. Сам хворий або доктор уводить в MYCIN симптоми встановлюваної хвороби, а ЕС ставить уточнюючі запитання й, зрештою, ставить діагноз і пропонує методи лікування. Крім того, система на будь-якому кроці може "пояснити" свої доводи. Механізм логічного висновку в MYCIN включає первісне опитування пацієнта, прямий висновок з використанням деяких правил продукції й правил нечіткої логіки й зворотний висновок (penguin.kurgan.ru/doc/ai.shtml).

Дослідження роботи ЕС MYCIN, проведені в Стендфордському університеті, показали, що система для діагностики бактеріальних інфекцій все-таки уступає групі лікарів, що полягає тільки із професіоналів, на 20%. Правда, навіть приблизну дату цього тестування так і не вдалося знайти. Але база знань MYCIN постійно розширюється, і завдяки цьому ЕС "освоює" усі нові області медицини.

Тепер MYCIN використовується переважно для навчання лікарів, а її механізм логічного висновку E-MYCIN був успішно застосовано для створення багатьох інших ЕС, таких, як NEOMYCIN і PUFF для дослідження легеневих захворювань.

Експертна система PROSPECTOR розроблялася SRI International з 1974 по 1983 рік. Як уже було сказано, вона призначена для геологічних вишукувань і ставиться до інтерпретуючого типу ЕС, які виводять деякі висновки на основі спостережень. Дана програма має у своєму розпорядженні динамічну кількість геологічних моделей, кожна з яких містить знання про певні види корисних копалин. Так само, як і MYCIN, PROSPECTOR утягує геолога в діалог, щоб, опираючись на його спостереження, точно вибрати модель і дати відповідь на запитання "Де бурити?". В 1984 році система точно передбачила існування родовища молибдену, оціненого в багатомільйонну суму.

При розробці наступних експертних систем були враховані особливості й недоліки PROSPECTOR і MYCIN. Завдяки цьому такі діагностичні медичні системи, як INTERNIST і CASNET, засновані на асоціативному й казуальному (від англ. casual - випадковий) підходах, придбали могутніші механізми висновку.

ЕС сьогодні.

Зараз кількість експертних систем обчислюється тисячами й десятками тисяч. У розвинених закордонних країнах сотні фірм займаються їхньою розробкою й впровадженням у різні сфери життя. Є й удачі спроби побудови ЕС у СНД. У цей час ведуться розробки самостійно тих, яких навчають, експертних систем. Крім того, у штучному інтелекті позначився такий напрямок, як інженерія знань, відповідальна за пошуки передових методів у зборі, виставі, зберіганні й збільшенні інформації. Ще можна згадати те, що п'яте покоління ЕОМ (наші ПК ставляться до четвертого), що виникло в 90-х роках, базується повністю на експертних системах.

У якості сучасних ЕС можна назвати швидкодіючу систему OMEGAMON (фірма Candle, з 2004 р. IBM) для відстеження стану корпоративної інформаційної мережі й G2 (фірма Gensym) - комерційну експертну систему для роботи з динамічними об'єктами (www.intuit.ru/departament/human/isrob/6/isrob_6.html). Вони служать для ухвалення рішення за лічені секунди з моменту настання позаштатних або критичних ситуацій. Для G2 також характерно распараллеливание процесів міркувань. Для простого перерахування інших сучасних експертних систем, можливо, не вистачить газетної смуги. От лише деякі з них: GUIDON, TATR, ONCOCIN, MOLGEN, GENESIS.

Порівнюючи стан речей у створенні ЕС в 70-х і 90-х роках, просто дивуєшся, наскільки далеко наука ступнула вперед. Експертні системи зараз є прогресуючим напрямком у штучному інтелекті, яке навряд чи найближчим часом зменшить швидкість свого розвитку. Тому до теми подібних "розумних" програмних комплексів ми повернемося ще не раз.

У сучаснім суспільстві неструктуровані й слабоструктуровані завдання керування й контролю складних виробничих процесів і об'єктів часто зустрічаються в таких областях, як авіація, енергетика, машинобудування, медицина, мікроелектроніка й ін. Тому поява експертних систем, що дозволяють швидко й ефективно вирішувати подібні проблеми, вважається більшим науковим досягненням.

Якщо на рубежі 60-х і 70-х років минулого століття кількість ЕС можна було перерахувати по пальцях, в 1987 році відповідно до перепису їх було 1000, то сьогодні ніхто підрахунками - цим невдячним заняттям - не займається :). Число експертних систем росте по експоненті, удосконалюються методи й алгоритми висновку розв'язків, збільшується кількість фактів і правил у базах знань. Враховуючи ріст їх інтелектуальних здатностей, можна припустити, що у швидкому майбутньому ЕС знайдуть своє застосування в судочинстві й політику. Останнє було б дуже до речі на тлі, що не припиняються локальних військових конфліктів (Ірак, сектор Газа і т.ін.).

8.3 Перспективи розвитку ЕС.

Вперше про штучний інтелект заговорили в середині минулого століття - з масовою появою комп'ютерів. Уже на початку 60-х у США минулому створені перші експертні системи. Їх активно почали застосовувати в медицині, хімії складних неорганічних з'єднань, геологорозвідці. Далі, від спеціалізованих систем почали переходити до оболонок експертних систем, які можна настроїти на розв'язок завдань у будь-якій області. Десь із середини 80-х експертні системи почали проникати в різні математичні сфери, а також в області природних мов. Трохи пізніше були розроблені методи семантичного аналізу, став можливий діалог з користувачем. З кінця 70-х різноманітні текстові пошукові системи з'явилися й у СРСР. Найбільш широке поширення одержали системи, здатні обробляти величезна кількість інформації: якщо, приміром, необхідно знайти потрібні файли в Інтернеті або в базі даних окремо взятого підприємства. В останні роки світові «монстри» від буквеного пошуку перейшли до пошуку по морфології слова — тобто, виходячи зі значеннєвого значення.

У сучасних експертних систем є маса переваг. На відміну від систем традиційного програмування, вони «беруть на себе» розв'язок завдання, якщо користувач лише описав об'єкт і визначив мету. Так, в американських системах

моделювання воєнних дій досить увести ряд параметрів (наявність бойової техніки й озброєння, чисельність військ, топографія місцевості, погодні умови і так далі) і система видає стратегію й тактикові ведення воєнних дій. В експертній системі немає упереджень, вона не робить поспішних висновків. Вона працює систематизовано, розглядаючи всі деталі, часто вибираючи найкращу альтернативу із усіх можливих, а база знань може бути неймовірно великий.

До того ж, будучи раз уведеними в машину, ці знання зберігаються назавжди. У цьому перевага системи перед людиною. Знання, скажемо, лікаря обмежені, і якщо вони якийсь час не використовуються, то забуваються й губляться назавжди. Лікар запросто може помилитися при діагностиці захворювання, якщо воно досить рідке або просто тому, що він ніколи не зустрічався з ним колись. Нічого подібного не може відбутися з комп'ютерною експертною системою. До того ж вона стійка до «перешкод». Експерт користується побічними знаннями й легко піддається впливу зовнішніх факторів, які безпосередньо пов'язані з розв'язуванням завданням. Експертні ж системи, не обтяжені знаннями з інших областей, по своїй природі менш піддані «шумам».

Однак навіть такі розумні комп'ютерні програми не можуть повністю замінити людину в розв'язку завдань. Вони, скоріше, нагадують зроблене знаряддя праці, що дозволяє вирішувати завдання швидше й ефективніше. Особливо це цінується в тих областях, де час вимірюється грошми або людським життям. Приміром, існують експертні системи підтримки й прийняття розв'язків в області керування виробництвом, обробки знову вступники інформації з аналітичними висновками. У Франції використовується експертна система «Сезам» для визначення схильності людини до різних захворювань. Вона містить у собі не тільки експертну систему оцінки ризику виникнення захворювань, засновану на численних лабораторних тестах, але й програму для навчання лікарів основам молекулярної медицини, медконсультування за результатами лабораторних тестів і популярний довідник для населення

Причини, що привели ІІІ та ЕС до комерційного успіху, наступні.

Інтегрованість. Розроблені інструментальні засоби штучного інтелекту (ІС ІІІ та ЕС), що легко інтегруються з іншими інформаційними технологіями і засобами (з СУБД, контроллерами).

Відвертість і переносимість. ІС ІІІ розробляються з дотриманням стандартів, що забезпечують відвертість і переносимість.

Використання мов традиційного програмування і робочих станцій. Перехід від ІС ІІІ, реалізованих на мовах ІІІ (Lisp, Prolog і т.п.), до ІС, реалізованих на мовах традиційного програмування (З, С++ і т.п.), спростив забезпечення інтегровано-ванності, понизив вимоги застосувань ІІІ до швидкодії ЕОМ і об'ємів оперативної пам'яті. Використання робочих станцій (замість ПК) різко збільшило круг застосувань, які можуть бути виконані на ЕОМ з використанням ІС ІІІ.

Архітектура клієнт-сервер. Розроблені ЦІ, що підтримують розподілені обчислення по архітектурі клієнт-сервер, що дозволило: знизити вартість устаткування, використовуюваного в застосуваннях, децентралізувати застосування, підвищити надійність і загальну продуктивність (оскільки скорочується кількість інформації, що пересилається між ЕОМ, і кожен модуль застосування виконується на адекватному йому устаткуванні).

Проблемно/предметно-орієнтовані ІС ІІІ. Перехід від розробок ІС ІІІ загального призначення (хоча вони не втратили своє значення як засіб для створення орієнтованих ІС) до проблемно/предметно-орієнтованих ІС ІІІ забезпечує: скорочення термінів розробки застосувань; збільшення ефективності використання ІС; спрощення і прискорення роботи експерта; повторну використовувану інформаційного і програмного забезпечення (об'єкти, класи).

На думку рядових користувачів і провідних спеціалістів, у недалекій перспективі експертні системи знайдуть наступне застосування:

1) експертні системи будуть відігравати провідну роль на всіх стадіях проектування, розробки, виробництва, розподілу, налагодження, контролю й надання послуг;

2) технологія експертних систем, що одержала широке комерційне поширення, забезпечить революційний прорив в інтеграції додатків з готових інтелектуально-взаємодіючих модулів.

8.4 Версії мов логічного програмування Пролог.

СІ-Пролог.

СІ-Пролог (Cprolog) легко переноситься майже на будь-який 32-розрядний комп'ютер з операційною системою UNIX. Вона була також перенесена на деякі інші ЕОМ, до складу математичного забезпечення яких входять транслятори з мови Сі. СІ-Пролог, проте, не працюватиме на 16-розрядних машинах. Існує обширна бібліотека програм, написаних на сумісному з СІ-Прологом діалекті мови Пролог (the SCORE Prolog library). Цю бібліотеку можна отримати через Відділ інформатики Стенфордського університету і з інших джерел.

Синтаксис СІ-Прологу співпадає з синтаксисом DEC-10 Прологу. Вбудовані предикати СІ-Пролога майже повністю ідентичні вбудованим предикатам DEC-10 Прологу.

Основними типами в СІ-Пролозі є атоми, цілі числа, числа з плаваючою крапкою і структури. Якщо як аргументи арифметичного виразу виступають тільки цілі числа, то результатом обчислення цього виразу (наприклад, операції

"is") буде також ціле число. Якщо в арифметичному виразі зустрічаються числа з плаваючою крапкою, то результатом обчислення цього виразу буде число з плаваючою крапкою. Для виконання ділення існують дві різні операції. Результатом ділення за допомогою операції / завжди буде число з плаваючою крапкою, а результатом ділення за допомогою операції // завжди буде ціле число. Числа з плаваючою крапкою можна записувати в експоненціальній формі, наприклад: 6.1 E10.

Символи, розташовані між апострофами (т.е. одиночними лапками), наприклад 'abc', утворюють атом. Запис символів в проміжку між подвійними (т.е. звичайними) лапками є альтернативною формою представлення списку символів, який іноді називається *рядком*. Так, якщо інтерпретатор зустрічає позначення "abc", то він перетворить його в [97,98,99].

Для СІ-Прологу немає компілятора.

Проглядання файлу початкових текстів з Пролог - програмою вимагає певних витрат часу. Можна уникнути цих витрат, якщо проглянути програму інтерпретатором лише один раз, а потім скористатися командою "save", яка запише в двійковий файл всю інформацію про поточний стан Пролог - системи, включаючи всі фрази поточної програми. При виклику СІ-Прологу з середовища операційної системи аргумент, що задається, сприймається як ім'я файлу із станом, що запам'ятав.

Квінтус Пролог.

Квінтус Пролог (Quintus Prolog) поставляється фірмою Квінтус Комп'ютер Системз Інк. Він призначений для ЕОМ, що працюють під управлінням операційних систем UNIX і VMS. Разом з транслятором надається велика бібліотека допоміжних програм.

Квінтус Пролог відрізняється дуже високою швидкістю виконання програм. Синтаксис Квінтус Прологу такий же, як і у DEC-10 Прологу.

У Квінтус Пролозі є більшість вбудованих предикатів DEC-10 Прологу, а також ряд нових предикатів. Відмінності у вбудованих предикатах між цими версіями Прологу в основному зводяться до різного управління файлами.

Основними типами в Квінтус Пролозі є атоми, цілі числа, числа з плаваючою крапкою і структури. Як і в СІ-Пролозі, якщо всі аргументи арифметичного виразу є цілими, то результат обчислення цього виразу (наприклад, за допомогою вбудованого предиката "is") також буде цілим. Якщо у виразі зустрічаються числа з плаваючою крапкою, то в результаті обчислення цього виразу вийде число з плаваючою крапкою. Для виконання ділення, проте, є дві різних операції. Результатом ділення за допомогою операції / завжди буде число з плаваючою крапкою, а результатом ділення за допомогою операції // завжди буде ціле число. Числа з плаваючою крапкою можна записувати з вказівкою їх порядку, наприклад 6.1 E10.

Як і в СІ-Пролозі, запис символів між подвійними лапками служить альтернативною формою запису списку символів.

Система програмування на Пролозі фірми Сайлоджік.

Система програмування на Пролозі фірми Сайлоджік (Silologic Knowledge Workbench, скорочено - SKW) поставляється фірмою Сайлоджік, Інк.

Система SKW функціонує на багатьох комп'ютерах, що працюють під управлінням операційної системи UNIX. Система SKW заснована на СІ-Пролозі, але володіє в порівнянні з ним багатьма додатковими можливостями і розширеннями.

Основними типами в SKW є атоми, цілі числа, числа з плаваючою крапкою і структури. Як і в СІ-Пролозі, якщо всі аргументи арифметичного виразу — цілі, то і в результаті обчислення цього виразу вийде ціле число. Якщо в арифметичному виразі попадаються числа з плаваючою крапкою, то в результаті обчислення цього виразу вийде число з плаваючою крапкою. В результаті операції ділення / виходить число з плаваючою крапкою, а в результаті операції ділення // - ціле число.

Як і в СІ-Пролозі, альтернативною формою запису списку символів служить рядок символів, узятя в подвійні лапки.

Пролог-2.

Пролог-2 (Prolog-2) поставляється фірмою Експерт Системз Інтернешнл. Він працює під управлінням операційної системи MS-DOS на ЕОМ типа IBM PC або сумісних з ними.

Синтаксис Прологу-2 аналогічний синтаксису DEC-10 Прологу, хоча є і деякі відмінності. У Пролозі-2 коментарі записуються між позначеннями /*и */, а символ % не є ознакою коментаря. Директива записується після символів ?—.

Після того, як інтерпретатор верхнього рівня знайде відповідь на запит, він друкує услід за відповіддю сообщение-подсказку «more (y/n)?» (ще? (да/нет)).

Введення даному місці символу "у" еквівалентний введенню крапки з комою в інших версіях Прологу. Це спонукає інтерпретатор приступити до пошуку іншої відповіді. Основні типи Прологу-2 - це атоми, цілі числа, числа з плаваючою крапкою, структури і рядки.

Якщо всі аргументи арифметичного виразу є цілими числами, то в результаті обчислення цього виразу вийде також ціле число. Якщо в арифметичному виразі зустрічаються числа з плаваючою крапкою, то результатом обчислення виразу буде число з плаваючою крапкою. В результаті виконання операції ділення / вийде число з плаваючою крапкою, а в результаті операції ділення // -целое число.

Еріті Пролог.

Еріті Пролог (Arity Prolog) поставляється фірмою Еріті Корпорейшн. Він працює під управлінням операційної системи MS-DOS на ЕОМ IBM PC або сумісною з нею.

Синтаксис Еріті Прологу аналогічний синтаксису DEC-10 Прологу. Символ 1 можна використовувати як синонім символу ; для з'єднання подцелей. У Еріті Пролозі є нова синтаксична особливість, звана *відрізком* (snip).

У складеному запиті відрізком називається сукупність подцелей, розташованих між поєднаннями символів [! і !]. Інтерпретатор не повертатиметься назад ні для якої подцели, що міститься у відрізку. Це еквівалентно тому, неначебто всі подцели, розташовані усередині відрізка, виступали в ролі аргументів предиката "один раз".

До основних типів Еріті Прологу відносяться атоми, цілі числа, числа з плаваючою крапкою, структури і рядки. Альтернативною формою запису списку символів служить запис символів між подвійними лапками.

Якщо всі аргументи арифметичного виразу є цілими числами, то і результат обчислення цього виразу буде цілим числом. Якщо у виразі попадаються числа з плаваючою крапкою, то в результаті обчислення виразу вийде число з плаваючою крапкою. Результатом операції ділення / буде число з плаваючою крапкою, а результатом операції ділення // буде ціле число.

УНСВ.

УНСВ Пролог (UNSW - скорочення від "University of New South Wales", що означає "Університет Нового Південного Уельсу") - це версія мови, що є суспільною власністю. Вона працює майже на всіх комп'ютерах з операційною системою UNIX.

Пролог-86 (Prolog-86) - це версія УНСВ Прологу для операційних систем MS-DOS і CP/M. Ця версія Прологу поставляється фірмою MICRO-AI.

Пролог-86 працює на ЕОМ IBM PC і сумісних з ними обчислювальних машинах. У Пролозі-86 можна користуватися лише обмеженим об'ємом пам'яті, та зате швидкість виконання програм дуже висока, Халцедоні Пролог (Chalcedony Prolog) - це версія УНСВ Прологу для операційних систем MS-DOS і Apple Macintosh, що поставляється фірмою Chalcedony.

Синтаксис Прологу-86 в основному аналогічний синтаксису DEC-10 Прологу, але є і деякі важливі відмінності. Основні типи Прологу-86 - це атоми, цілі числа, структури і символи. На відміну від СІ-Прологу, символи, записані між подвійними лапками, інтерпретуються як атом (т.е. так само, як і символи між апострофами), а не як альтернативна форма представлення списку символів.

8.5 Великомасштабні експертні системи. Приклади

MICIN — експертна система для медичної діагностики. Розроблена групою по інфекційних захворюваннях Стенфордського університету.

Ставить відповідний діагноз, виходячи з представлених нею симптомів, і рекомендує курс медикаментозного лікування будь-якій з діагностованих інфекцій. База даних складається з 450 правил.

PUFF — аналіз порушення дихання. Дана система є MICIN, з якої видалили дані по інфекціях і вставили дані про легеневі захворювання.

DENDRAL — розпізнавання хімічних структур. Дана система стара, з тих, що мають звання експертних. Перші версії даної системи з'явилися ще в 1965 році у все том же Стенфордському університеті. Користувач дає системі DENDRAL деяку інформацію про речовину, а також дані спектроскопії (інфрачервоною, ядерного магнітного резонансу і мас-спектрометрії), і та у свою чергу видає діагноз у вигляді відповідної хімічної структури.

PROSPECTOR — експертна система, створена для сприяння пошуку комерційно виправданих родовищ корисних копалини.

CASNET-EXPERT. Система CASNET- медична ЕС для діагностики видачі рекомендацій по лікуванню очних захворювань.

На її основі розроблена мова інженерії знань EXPERT, за допомогою якої створений ряд інших медичних діагностичних систем.

HEARSAY-HEARSAY-2-HEARSAY-3-AGE. Перші дві системи цього ряду є розвитком інтелектуальної системи розпізнавання зливої людської мови, слова якої беруться із заданого словника.

Системи **AM** (Artificial Mathematician - штучний математик) і **EURISCO** були розроблені в Стенфордському університеті доктором Д. Ленатом для дослідницьких і учбових цілей. Ленат вважає, що ефективність будь-якої ЕС визначається знаннями, що закладаються в неї. На його думку, щоб система була здібна до навчання, в неї повинен бути введений близько мільйона відомостей загального характеру. Це приблизно відповідає об'єму інформації, яку має в своєму розпорядженні чотирилітня дитина з середніми здібностями. Ленат також вважає, що шлях створення вузькоспеціалізованих ЕС із зменшеним об'ємом знань веде до безвиході.