

РОЗРОБКА СТРУКТУР МЕДИЧНИХ АГЕНТІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ МЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ

КУЗЬОМІН О.Я., ВАСИЛЕНКО О.О.,
ГОРШКОЛЄПОВ А.В.

Пропонуються основні ідеї для побудови багато-агентної моделі інтелектуального моделювання для діагностування. Зазначаються особливості дій у певній системі медичного середовища. Визначається функція медичного агента, яка пропонує дії, що можуть бути використані медичним агентом у відповідь на будь-яку послідовність актів сприйняття медичних даних і знань. Розробляються показники продуктивності медичної системи, які оцінюють поведінку медичного агента в середовищі. Розглядається проблема розробки специфікації проблемного медичного агента. Обираються напрямки розробки проблемного медичного середовища. Розглядаються вимоги щодо створення рефлексних медичних агентів, які відповідають безпосередньо на акти сприйняття. Приділяється особлива увага використанню навчальних медичних агентів.

Ключові слова: агент, медичний агент, багатоагентна модель, інтелектуальна медична діагностична система, штучний інтелект.

Вступ

Проблеми медичного діагностування хвороби людини є дуже складними. Але зараз з'явилась можливість завдяки використанню досягнень штучного інтелекту (ШІ) [1] отримати своєчасний і більш якісний діагноз хвороби людини. Саме завдяки використанню моделей на підставі багатоагентного представлення ми маємо можливість сформулювати якісну парадигму побудову моделі лікарського мислення діагностування.

Отже, розглянувши проблему з боку системного підходу щодо аналізу мети діагностування, треба виконати розподіл головної мети діагностування, а саме: отримати найбільш обґрунтований сценарій лікування завдяки системному аналізу стану людини. Дані про стан людини передбачають виконання попереднього діагностування на підставі клінічних аналізів (аналізу крові, сечі).

Для вирішення сформульованої проблеми використаємо поняття *раціонального медичного агента*, що є центральним у цьому дослідженні.

Концепція раціональності може застосовуватися до найрізноманітніших медичних агентів, що використовуються при діагностуванні. Можливість виявити дані та знання для діагностування хвороби більш детально і достовірно полягає в тому, щоб використовувати зазначену концепцію для розробки невеликого набору принципів системного проектування для створення успішно діючих медичних агентів – тобто системи, яку цілком можна було б назвати *інтелектуальними агентами діагностування* [1].

1. Агенти и варіанти представлення даних про стан людини і навколишнього середовища

Людина, якій треба встановити діагноз, має модель багатоагентної системи з даними внутрішніх елементів організму (температура тіла, показники аналізів, даних досліджень комп'ютерної томографії), рис. 1.

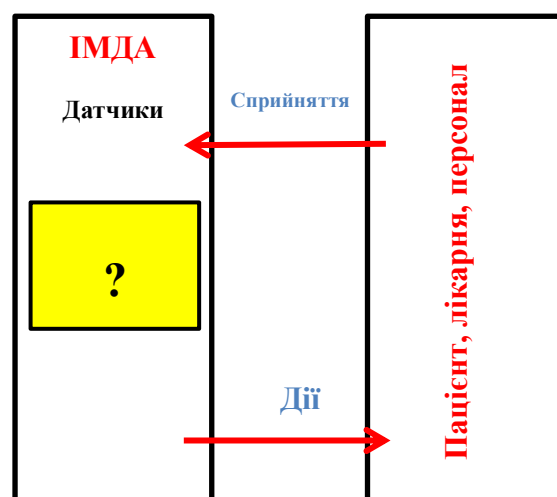


Рис. 1. Взаємодія ІМДА із середовищем за допомогою датчиків і виконавчих механізмів

На рис. 1 зображено:

Тип агента – Інтелектуальний медичний діагностувальний агент (ІМДА).

Середовище – Пацієнт, лікарня, персонал.

Виконавчі механізми – Виведення питань, тестів, діагнозів, лікувальних рекомендацій, направлень на дослідження.

Датчики – Введення з клавіатури даних про симптоми відповідно до міжнародної класифікації симптомів МКС 10, результатів лабораторних клінічних досліджень, висновків щодо аналізу зображень елементів тіла людини після КТ, МРТ.

Для системного аналізу даних і знань щодо ІМДА необхідно визначитись, що таке показники продуктивності агента. Це насамперед – успішне лікування пацієнта, мінімізація витрат, відсутність приводів для суду.

Вхідні дані від датчиків чи сенсорів, які після натискання клавіш надходять до програмного забезпечення ІМДА.

Програмне забезпечення виводить дані на екран, записує файли і передає мережевим пакетам для аналітичного представлення. Крім того, інколи можливо враховувати загальне припущення, що кожен агент може сприймати свої власні лікувальні дії (але не завжди їх результати).

Тут можливо використати термін *сприйняття* для позначення отриманих ІМДА сенсорних даних в будь-який конкретний момент часу. *Послідовністю актів сприйняття* агентом називається повна лікувальна історія всього, що було коли-небудь сприйняте медичним агентом. Взагалі, *вибір медичним агентом дії в будь-який конкретний момент часу може залежати від всієї послідовності актів сприйняття, що спостерігалися до цього моменту часу*. Якщо існує можливість визначити, який вплив буде вибрано ІМДА у відповідь на будь-яку можливу послідовність актів сприйняття, то можна мати більш-менш точне визначення ІМДА. З точки зору математики це відповідає твердженню, що поведінка деякого медичного агента може бути описана за допомогою *функції ІМДА*, яка відображає будь-яку конкретну послідовність актів сприйняття на деяку дію.

Може розглядатися задача табуляції функції медичного агента, яка описує будь-якого конкретного агента; для більшості агентів це була б дуже велика таблиця (фактично нескінченна), якщо не встановлюється межа довжини послідовностей актів сприйняття, які повинні враховуватися в таблиці даних і знань про хворобу. Якщо ІМДА для вибору своїх дій використовує певну рандомізацію даних, то може знадобитися перевірка кожної послідовності багаторазово, щоб визначити ймовірність кожної медичної дії. Така організація функціонування ІМДА може виявитися інтелектуальною.

Така таблиця, безумовно, є зовнішнім описом медичного агента. Внутрішній опис полягає у

визначенні того, яка функція для даного штучного агента реалізується за допомогою *програми*. Важливо розрізняти два останні поняття. *Функція агента* являє собою абстрактний математичний опис, а *програма медичного агента* – це конкретна реалізація, що діє в рамках архітектури медичного агента.

2. Якісна поведінка: концепція раціональності

Раціональним агентом діагностування є такий агент, який виконує правильні дії діагностування. У першому наближенні можна сказати, що правильною медичною дією є така, яка забезпечує найбільш успішне функціонування ІМДА у діагностуванні та лікуванні. Тому потрібен певний спосіб вимірювання успіху у досягненні мети діагностування. Критерії успіху, поряд з описом середовища (див. рис. 1), а також датчиків і виконавчих механізмів ІМДА, надають повну специфікацію завдання, з якою стикається агент. Маючи ці компоненти, ми можемо визначити більш точно, що мається на увазі під словом "раціональний".

Розглянемо показники продуктивності ІМДА, які втілюють в собі критерії оцінки успішної поведінки *медичного агента*. Після занурення в медичне середовище медичний агент виробляє послідовність медичних дій, що відповідають отриманим сприйняттям. Ця послідовність дій змушує середовище пройти через послідовність станів. Якщо така послідовність відповідає бажаному успіху у діагностуванні хвороби, то ІМДА функціонує добре відповідно досягненню мети. Безумовно, не може бути одного постійного показника, придатного для всіх медичних агентів.

Тому необхідно наполегливо домагатися застосування об'єктивних показників продуктивності ІМДА, і, як правило, проектувальник, що конструє ІМДА, передбачає такі показники.

Як загальне правило слід зазначити, що краще розробляти показники продуктивності відповідно до того, чого дійсно необхідно домогтися в цьому лікувальному середовищі, а не відповідно до того, як, на думку проектувальника, повинен вести себе медичний агент.

Задача вибору показників продуктивності не завжди є простою.

У будь-який конкретний момент часу оцінка *раціональності дій* ІМДА залежить від чотирьох перелічених нижче факторів:

- Показники продуктивності ІМДА, які визначають критерії успіху діагностування.
- Знання агента про навколишнє і медичне середовище, що були придбані раніше, тобто онтологічні дані [2, 3].
- Лікувальні дії, які можуть бути виконані медичним агентом.
- Послідовність актів сприйняття медичним агентом, які відбулися до теперішнього часу.

З урахуванням цих чинників можна сформулювати наступне *визначення медичного раціонального агента*.

Для кожної можливої послідовності актів сприйняття раціональний медичний агент повинен обрати медичну дію, яка, як очікується, максимізує його показники продуктивності діагностування та лікування, з урахуванням фактів, наданих даною послідовністю актів сприйняття і всіх вбудованих медичних знань, якими володіє медичний агент.

Можна легко виявити, що за інших обставин той же самий агент може стати нераціональним.

3. Усезнання, навчання та автономність

Необхідно ретельно розрізняти *раціональність і усезнання*. Всезнаючий медичний агент знає фактичний результат своїх дій і може діяти відповідним чином; але усезнання в дійсності неможливе.

Раціональність – це максимізація очікуваної продуктивності, а *досконалість* – максимізація фактичної продуктивності діагностування і лікування. Відмовляючись від прагнення до досконалості, ми не тільки застосовуємо до агентів справедливі критерії, але і враховуємо реальність. Справа в тому, що якщо від агента вимагають, щоб він виконував дії, які виявляються найкращими після їх здійснення, то задача проектування агента, що відповідає цій специфікації, стає нездійсненною (зокрема, до тих пір, поки ми не зможемо підвищити ефективність машин часу або кришталевих куль, що застосовуються ворожками).

Тому наше визначення раціональності не вимагає усезнання, адже раціональний вибір залежить

тільки від послідовності актів сприйняття, сформованої до даного моменту.

Наше визначення вимагає, щоб раціональний агент не тільки збирав інформацію, але також максимально *навчався* на тих даних, які він сприймає. Початкова конфігурація агента може відображати деякі попередні знання про середовище, але в міру набуття агентом досвіду ці знання можуть модифікуватися і поповнюватися. Існують крайні випадки, в яких середовище повністю відоме заздалегідь. Тоді агенту не потрібно сприймати інформацію або навчатися; він просто відразу діє правильно. Безумовно, такі агенти є дуже уразливими. У успішно діючих агентів задача обчислення функції агента розбивається на три окремі періоди: при проектуванні агента деякі обчислення здійснюються його проектувальниками; додаткові обчислення агент виробляє, обираючи одну зі своїх чергових дій; а в міру того як агент вчиться на підставі досвіду, він здійснює інші допоміжні обчислення для прийняття рішення про те, як модифікувати свою поведінку.

Якщо ступінь, в якій агент покладається на апіорні знання свого проектувальника, а не на свої сприйняття, занадто високий, то цей агент розглядається як такий, що володіє недостатньою *автономністю*. Раціональний агент повинен бути автономним – навчатися всьому, що може освоїти, для компенсації неповних або неправильних апіорних знань.

Слід зауважити, що важливе джерело для надання агенту додаткової інформації пов'язане з використанням у проектуванні онтологій та прецедентів [2].

Як відомо з практики, агенту нечасто ставиться вимога, щоб він був повністю автономним з самого початку: якщо медичний агент має мало досвіду або взагалі його не має, то змушений діяти випадковим чином, якщо проектувальник не надав йому певну допомогу. Тому, як і еволюція надала тваринам достатню кількість вроджених рефлексів, що дозволяють їм прожити після народження настільки довго, щоб встигнути навчитися самостійно, так і штучному інтелектуальному агенту було б розумно надати деякі початкові знання, а не тільки наділити його здатністю навчатися. Після достатнього досвіду

існування в своєму середовищі поведінка раціонального медичного агента може по суті стати незалежною від його апіорних знань. Тому включення в проект здатності до навчання дозволяє проектувати простих раціональних медичних агентів, які можуть діяти успішно у виключно різноманітних варіантах середовища.

4. Визначення характеру середовища

Тепер, після розробки визначення раціональності, ми готові приступити до створення раціональних медичних агентів. Але спочатку необхідно визначити, чим є *проблемне медичне середовище*. По суті таким, що являє собою *"проблему діагностування і лікування"*, для якої раціональний медичний агент служить *"рішенням"*. Вибір проекту, найбільш підходящого для програми конкретного ІМДА, безпосередньо залежить від розглянутого різновиду проблемного середовища.

Найбільш ефективний спосіб організації роботи в умовах часткової спостережливості полягає в тому, щоб медичний агент *відстежував ту частину медичного світу, яка сприймається ним в поточний момент*. Це означає, що медичний агент повинен підтримувати свого роду *внутрішній стан, який залежить від історії медичних актів сприйняття*, і тому відображає принаймні деякі з *аспектів поточного медичного стану*, які не спостерігаються чи не можуть спостерігатися.

Для забезпечення можливості поновлення цієї внутрішньої інформації про стан протягом часу необхідно, щоб у програмі медичного агента були заcodedані знання двох видів. По-перше, потрібна певна інформація про те, як медичний світ змінюється незалежно від медичного агента. По-друге, потрібна певна інформація про те, як впливають на медичний світ власні дії ІМДА.

Ці знання про те, *"як працює світ"* (які можуть бути втілені в простих логічних схемах або в складних наукових теоріях), можуть називатися *моделлю медичного світу*. Агент, в якому використовується така модель, називається *медичним агентом, заснованим на моделі*.

На рис. 2 наведена структура рефлексного медичного агента, що діє з урахуванням внутрішнього стану організму людини, і показано, як поточне сприйняття комбінується з колишнім внутрішнім станом для вироблення оновленого опису поточного стану. Програма такого агента приведена в лістингу 1. У цьому лістингу інтерес представляє *функція Update-State*, яка *відповідає за створення нового опису внутрішнього стану*. Ця функція не тільки інтерпретує результати нового сприйняття в світлі існуючих знань про стан людини, а й використовує інформацію про те, як змінюється медичний світ, тому вона повинна враховувати інформацію про те, як *дії медичного агента впливають на стан медичного світу*.

Лістинг 1

Рефлексний агент, що заснований на моделі, який стежить за поточним станом світу з використанням внутрішньої моделі, потім вибирає дію таким же чином, як і простий рефлексний агент

```
function Reflex-Agent-With-State(percept) returns дія action
static: state, опис поточного стану світу
rules, множина правил умова-дія
action, остання за часом дія;
спочатку не визначена
state <— Update-State(state, action, percept)
rule <— Rule-Match(state, rules)
action <— Rule-Action[rule]
return action
```

5. Агенти, що засновані на меті

Знань про поточний стан медичного середовища не завжди достатньо для прийняття рішення про те, що робити при діагностуванні. Медичному агенту потрібен не тільки опис поточного стану людини, а й свого роду інформація про мету діагностування хвороби, яка описує бажану ситуацію щодо діагностики і лікування людини.

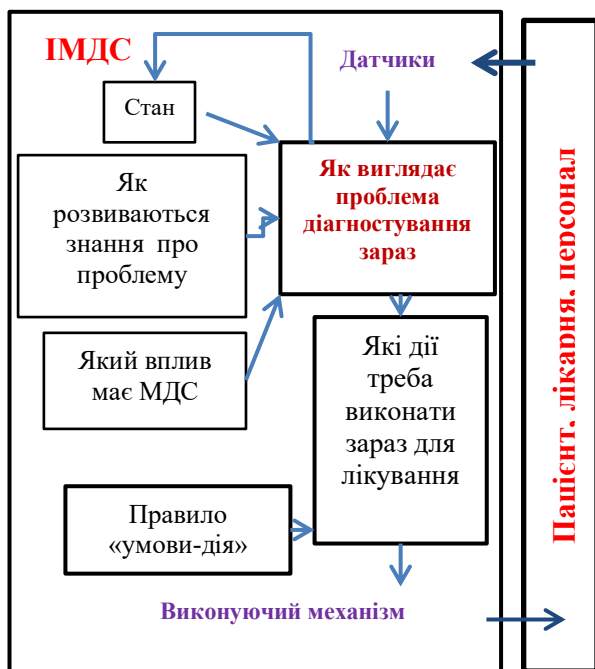


Рис. 2. Структура рефлексного агента

Програма медичного агента може комбінувати цю інформацію з інформацією про результати можливих медичних дій (з такою ж інформацією, як і та, що використовувалася при оновленні внутрішнього стану рефлексного медичного агента) для їх вибору, щоб досягти мети вдалого діагностування. Структура медичного агента, що діє на основі мети, показана на рис. 3.

Іноді задача вибору медичної дії на основі мети діагностування та лікування вирішується просто, коли досягнення мети негайно стає результатом єдиної дії лікування. Але іноді ця задача стає більш складною, і медичному агенту потрібно розглянути довгі послідовності корекції дій, щоб знайти спосіб досягнення мети діагностування. Підгалуззями штучного інтелекту, які присвячені виробленню послідовностей дій, що дозволяють медичному агенту досягти його мети, є *пошук і планування лікувальних рішень*.

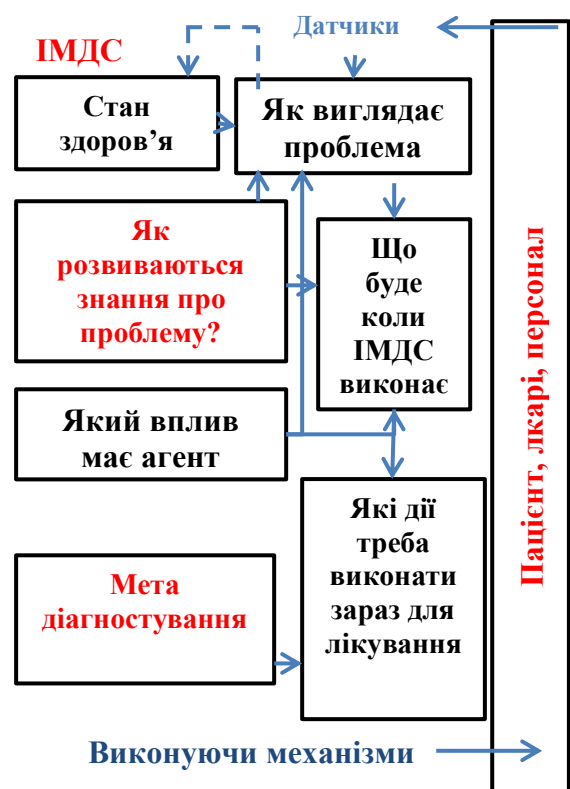


Рис. 3. Агент, що заснований на моделі і на цілі

Він стежить за станом лікувального світу, а також за кількістю цілей, яких він намагається досягти при діагностуванні, і обирає дію, що дозволяє (в кінцевому підсумку) домогтися досягнення цих цілей

Слід враховувати, що процедура прийняття рішень такого роду має фундаментальні відмінності від описаної вище процедури застосування правил умова-дія, оскільки в ній доводиться міркувати про майбутнє, відповідаючи на два питання: "Що станеться, якщо я зроблю те-то і те-то?" і "Чи дозволить це мені досягти задоволення?" У проектах медичних рефлексних агентів така інформація не представлена явно, оскільки вбудовані правила встановлюють безпосередню відповідність між сприйняттями і діями.

З огляду на принцип, за яким зазвичай змінюється лікувальний світ, для нього єдиною дією, що дозволяє досягти такої мети, є запобігання неточним чи помилковим діагнозом.

Хоча на перший погляд здається, що медичний агент, заснований на цілі, менш ефективний, він є більш гнучким, оскільки знання, на які спираються його рішення, представлені явно і можуть бути модифіковані, наприклад, за рахунок інформації з Інтернету, тобто он-лайн даних знань. Для рефлексного медичного агента з іншого боку, в такому випадку довелося б переписати цілий ряд правил «умова-дія». Поведінку медичного агента, заснованого на цілі, можна легко змінити, щоб направити його в інше місце пошуку. А правила рефлексного мобільного агента, які вказують, де лікувальні дії можливо виконувати у тому ж «напрямку», що відбувалось раніше, до цього, виявляться застосовними тільки для єдиного місця призначення; щоб цього агента можна було направити в інше місце, всі ці правила повинні бути замінені.

6. Агенти, що засновані на корисності

Насправді в більшості варіантів середовища для вироблення високоякісної поведінки одного лише обліку цілей недостатньо.

Цілі дозволяють провести лише жорстку бінарну відмінність між станами "задоволеності" і "незадоволеності", тоді як більш загальні показники продуктивності повинні забезпечувати порівняння різних станів лікувального світу в точній відповідності до того, наскільки задоволеним стане ІМДА, якщо їх вдасться досягти. Оскільки поняття "задоволеності" представляється не зовсім науковим, частіше застосовується термінологія, згідно з якою стан світу, більш детально визначений в порівнянні з іншим, розглядається як такий, що має більш високу *корисність для агента*. Термін "корисність" має англomовний еквівалент "utility", який в даному контексті означає *"властивість бути корисним"*, а не другорядну дію, що має другорядні послуги [3].

Функція корисності відображає стан (або послідовність станів) на дійсне число, яке позначає відповідний ступінь задоволеності медичного агента. Повна специфікація функції корисності забезпечує можливість приймати раціональні рішення в описаних нижче двох випадках, коли цього не дозволяють зробити цілі. По-перше, якщо є конфліктуючі цілі, такі, що можуть бути досягнуті тільки деякі з них (наприклад, швидкість або безпека), то функція корисності дозволяє знайти прийнятний компроміс. По-друге, якщо є кілька цілей, до яких може прагнути агент, але жодна з них не може бути досягнута з усією визначеністю, то функція корисності надає зручний спосіб зваженої оцінки ймовірності успіху з урахуванням важливості цілей.

Будь-який раціональний агент повинен вести себе так, як якщо б він мав функцію корисності, очікуване значення якої він намагається максимізувати. Тому агент, що володіє явно заданою функцією корисності, має можливість приймати раціональні рішення і здатний робити це за допомогою алгоритму загального призначення, що не залежить від конкретної функції корисності, яка максимізується. Завдяки цьому "глобальне" визначення раціональності (згідно з яким раціональними вважаються функції медичного агента, що мають найвищу продуктивність) перетворюється в "локальне" обмеження на проекти раціональних медичних агентів, яке може бути виражене у вигляді простої програми.

Структура агента, що діє з урахуванням корисності, показана на рис. 4.

У ньому модель медичного світу використовується поряд з функцією корисності, яка вимірює переваги агента стосовно станів медичного світу. Потім агент вибирає дію, що веде до кращої очікуваної корисності. Для обчислення очікуваної корисності виконується усереднення за всіма можливими результуючими станами з урахуванням коефіцієнта, що визначає ймовірність кожного результату.

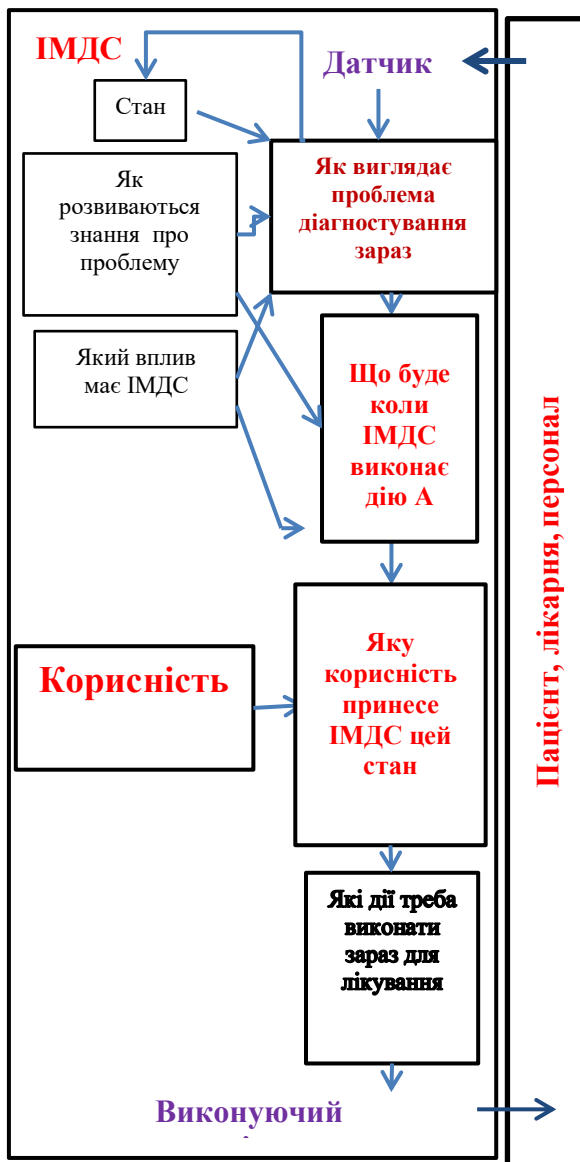


Рис. 4. Агент, заснований на моделі і на корисності

Вище були описані програми медичних агентів, в яких застосовуються різні методи вибору лікувальних дій. Але до цього часу ще не були наведені відомості про те, як створюються програми агентів. У своїй статті Тьюринг [4] проаналізував ідею про те, як фактично має здійснюватися програмування запропонованих ним інтелектуальних машин вручну.

7. Агенти, що можуть навчатись

Він оцінив обсяг роботи, який для цього буде потрібен, і прийшов до такого висновку: "Бажано було б мати якийсь більш продуктивний метод". Запропонований ним метод полягав у тому, що необхідно створювати машини, які можуть навчатись, а потім проводити їх навчання. Тепер цей метод став домінуючим для створення найбільш сучасних систем у багатьох галузях штучного інтелекту. Як зазначалося вище, навчання має ще одну перевагу: воно дозволяє агенту функціонувати спочатку в невідомих йому варіантах середовища і ставати більш компетентним у порівнянні з тим, що могли б дозволити тільки його початкові знання.

Як показано на рис. 5, структура медичного агента, що навчається, може поділятися на чотири концептуальні компоненти. Найбільш важлива відмінність спостерігається між навчальним компонентом, який відповідає за внесення удосконалень, і продуктивним компонентом, який забезпечує вибір зовнішніх дій.

Навчальний компонент використовує інформацію зворотного зв'язку від критика з оцінкою того, як діє агент, і визначає, яким чином має бути модифікований продуктивний компонент для того, щоб він успішніше діяв у майбутньому. Проект навчального компонента багато в чому залежить від проекту продуктивного компонента. Здійснюючи спробу спроектувати агента, який навчається певним здібностям, необхідно перш за все прагнути знайти відповідь на питання: "Якого роду продуктивний компонент потрібен моєму медичному агенту після того, як він буде навчений тому, як виконувати свої функції?", а не на питання: "Як приступити до розв'язання задачі навчання виконання ним цих функцій?" Після того як спроектований сам медичний агент, можна приступати до конструювання навчальних механізмів, що дозволяють удосконалити будь-яку частину цього агента.

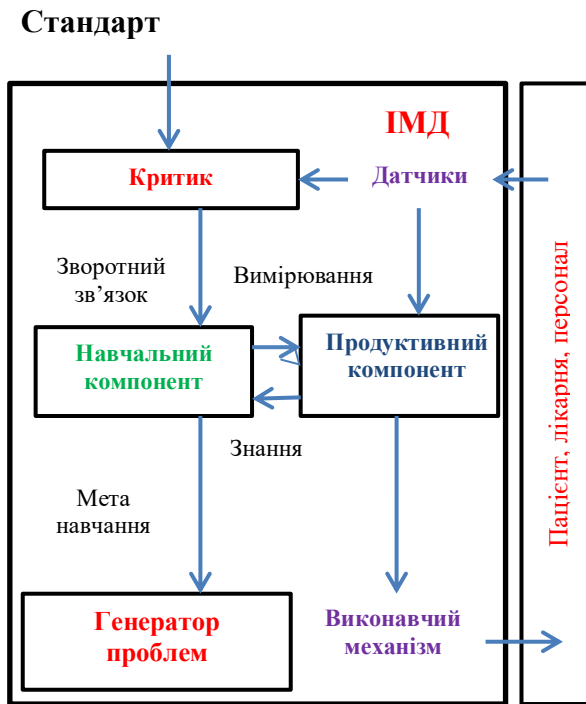


Рис. 5. Загальна модель агентів, що можуть навчатися

Критик повідомляє навчальному компоненту, наскільки добре діє агент з урахуванням постійного стандарту продуктивності. Критик необхідний, оскільки самі результати сприйняття не дають ніяких вказівок на те, чи успішно діє агент. Наприклад, шахова програма може отримати результати сприйняття, які вказують на те, що вона поставила мат своєму противнику, але їй потрібен стандарт продуктивності, який дозволив би визначити, що це – хороший результат; самі дані сприйняття нічого про це не говорять. Важливо, щоб стандарт продуктивності був постійним.

В принципі цей стандарт слід розглядати як повністю зовнішній по відношенню до медичного агента, оскільки медичний агент не повинен мати можливості його модифікувати так, щоб він більшою мірою відповідав його власній поведінці.

Останнім компонентом медичного агента, що навчається, є генератор медичних проблем. Його задача полягає в тому, щоб пропонувати дії, які повинні привести до отримання нового і інформативного досвіду. Справа в тому, що якщо продуктивний компонент наданий самому собі, то він продовжує виконувати дії, які є найкращими

з точки зору того, що він знає. Але якщо медичний агент готовий до того, щоб трохи проекспериментувати і у короткочасній перспективі виконувати дії, які, можливо, виявляться не зовсім оптимальними, то він може виявити набагато кращі дії з точки зору довгострокової перспективи. Генератор проблем призначений саме для того, щоб пропонувати такі дослідницькі дії.

Навчальний компонент може вносити зміни в будь-який з компонентів "знань", показаних на схемах медичних агентів (див. рис. 2-5). У найпростіших випадках навчання буде здійснюватися безпосередньо на підставі послідовності актів сприйняття. Спостереження за парами послідовних станів середовища дозволяє медичному агенту освоїти інформацію про те, "як змінюється світ", а спостереження за результатами своїх дій може дати агенту можливість дізнатися, "який вплив чинять мої медичні дії".

Ті форми навчання, які були описані в попередньому абзаці, не вимагають доступу до зовнішнього стандарту продуктивності, вірніше, в них застосовується універсальний стандарт, згідно з яким зроблені прогнози повинні бути узгоджені з медичним експериментом. Ситуація стає трохи складнішою, коли мова йде про медичного агента, що заснований на корисності, який прагне освоїти в процесі навчання інформацію про корисність.

У цьому сенсі стандарт продуктивності дозволяє виділити певну частину вхідних результатів сприйняття як винагороду (або штраф), безпосередньо представлене даними зворотного зв'язку, що впливають на якість поведінки медичного агента. Саме з цієї точки зору можуть розглядатися жорстко закріплені стандарти продуктивності, такі як біль або голод, які характерні для життя тварин.

Підводячи підсумок, відзначимо, що медичні агенти мають дуже різні компоненти, а самі ці компоненти можуть бути представлені в програмі медичного агента багатьма способами, тому створюється враження, що різноманітність методів навчання надзвичайно велика. Проте всі ці методи мають єдиний об'єднуючий їх аспект. Процес навчання в інтелектуальних агентів можна в цілому охарактеризувати як процес модифікації кожного компонента медичного агента

для забезпечення більш точної відповідності цих компонентів доступній інформації зворотного зв'язку і тим самим поліпшення загальної продуктивності агента.

Висновки

Нижче коротко наведені основні ідеї для побудови моделі ІМДА, які розглядалися в цьому дослідженні.

- Медичним агентом є щось сприймаюче і діюче в певному медичному середовищі. Функція медичного агента визначає дії, що робляться медичним агентом у відповідь на будь-яку послідовність актів сприйняття.
- Показники продуктивності оцінюють поведінку медичного агента в середовищі. Рациональний медичний агент діє так, щоб максимізувати очікувані значення показників продуктивності, з урахуванням послідовності актів сприйняття, отриманої агентом до даного моменту.
- Специфікація проблемного медичного середовища включає визначення показників продуктивності, зовнішнього медичного середовища, виконавчих механізмів і датчиків чи вхідної інформації до ІМДА. Першим етапом проектування ІМДА завжди має бути визначення проблемного медичного середовища з найбільшою можливою повнотою.
- Варіанти проблемного медичного середовища класифікуються за кількома важливими розмірностями. Вони можуть бути повністю або частково спостережуваними, детермінованими або стохастичними, епізодичними або послідовними, статичними або динамічними, дискретними або безперервними, а також одноагентними або мультиагентними.
- Програма агента реалізує функцію медичного агента. Існує цілий ряд основних проєктів програм агента, що відповідають характеру інформації, яка сприймається явно і використовується в процесі прийняття рішення. Різні проєкти характеризуються різною ефективністю, компактністю і гнучкістю. Вибір найбільш гідного проєкту програми медичного агента залежить від характеру середовища.
- Прості рефлексні медичні агенти відповідають безпосередньо на акти сприйняття, тоді як

рефлексні медичні агенти, що засновані на моделі, підтримують внутрішній стан, простежуючи ті аспекти середовища, які не спостерігаються в поточному акті сприйняття. Агенти, що діють на основі мети, організовують свої дії так, щоб досягти своїх цілей, а агенти, що діють з урахуванням корисності, намагаються максимізувати свою власну очікувану "задоволеність".

- Усі медичні агенти здатні покращити власну роботу завдяки навчанню.

Література: 1. *Russell, Stuart J. (Stuart Jonathan), Norvig, Peter, author. Artificial intelligence: a modern approach / Stuart J. Russell and Peter Norvig. Description: Fourth edition. | Hoboken : Pearson, [2020] | Series: Pearson series in artificial intelligence | Includes bibliographical references and index. | Summary: "Updated edition of popular textbook on Artificial Intelligence." Provided by publisher. Identifiers: LCCN 2019047498 | ISBN 9780134610993 (hardcover) Subjects: LCSH: Artificial intelligence. Classification: LCC Q335.R86 2021 | DDC 006.3--dc23 LC record available at <https://lccn.loc.gov/2019047498>.* 2. *Core Software Ontology. Core Ontology of Software Components. Core Ontology of Services [Электронный ресурс OntoWare Group. Режим доступа: <http://cos.ontoware.org/>].* 3. *Gruninger Michael. An Ontology Framework / Michael Gruninger, Leo Obrst // Ontology Summit – NIST, (Gaithersburg, MD April 22 – 23, 2007). Gaithersburg, 2007.* 4. *Turing A. A. Computing machinery and intelligence. Mind, 59, p. 433-460.*

Transliterated bibliography:

1. *Russell, Stuart J. (Stuart Jonathan), Norvig, Peter, author. Artificial intelligence: a modern approach / Stuart J. Russell and Peter Norvig. Description: Fourth edition. | Hoboken: Pearson, [2020] | Series: Pearson series in artificial intelligence | Includes bibliographical references and index. | Summary: "Updated edition of popular textbook on Artificial Intelligence." Provided by publisher. Identifiers: LCCN 2019047498 | ISBN 9780134610993 (hardcover) Subjects: LCSH: Artificial intelligence. Classification: LCC Q335.R86 2021 | DDC 006.3--dc23 LC record available at <https://lccn.loc.gov/2019047498>.*
2. *Core Software Ontology. Core Ontology of Software Components. Core Ontology of Services [Elektronnyj resurs OntoWare Group. Rezhim dostupa: <http://cos.ontoware.org/>].*
3. *Gruninger Michael. An Ontology Framework / Michael Gruninger, Leo Obrst // Ontology Summit – NIST, (Gaithersburg, MD April 22 – 23, 2007). Gaithersburg, 2007.*

4. *Turing A. A.* Computing machinery and intelligence. Mind, 59, p. 433-460.

Надійшла до редколегії 13.05.2020

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Левикін В.М.

Кузьомін Олександр Якович, д-р техн. наук, професор кафедри Інформатики ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, e-mail: oleksandr.kuzomin@nure.ua.

Василенко Олексій Олександрович, керівник напрямку архітектури департаменту Аналітики та Big Data корпорації Toyota (Сідней, Австралія), закінчив аспірантуру ХНУРЕ за напрямком «Інформаційні технології» у 2015 році. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14.

Горшколєпов Антон Вікторович, студент 4 курсу групи ІТІНФ-16-1, ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14.

Kuzomin Alexander Yakovlevich, Professor, DrSc., Prof., Department of Informatics NURE. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave., e-mail: oleksandr.kuzomin@nure.ua.

Vasilenko Oleksii Oleksandrovich, Manager of Architecture for the Big Data and Analytics department, Toyota corp., Sydney, Australia. PhD of the 'Information Technology' NURE. Finished an internship at the GoGet Carshare Australia (Sydney, Australia) 2012-2013 at the Data Architecture stream. Address: Ukraine. 61166. Kharkiv, Nauki Ave, 14.

Gorshkolepov Anton Viktorovich, 4th year student, group ITINF-16-1, NURE. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauki Ave., 14.