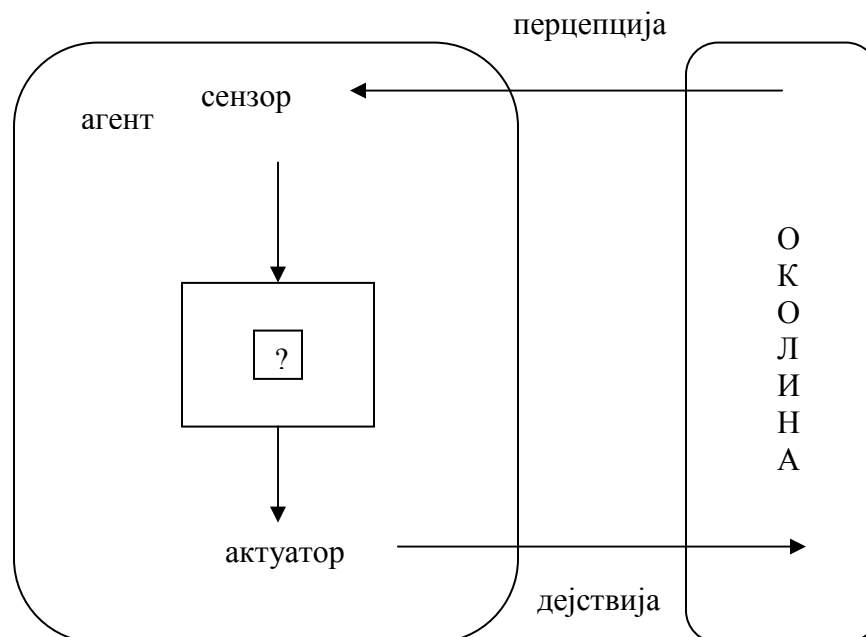


ЛЕКЦИЈА 2. ИНТЕЛИГЕНТНИ АГЕНТИ

2.1. АГЕНТИ И НИВНАТА ОКОЛИНА

Под **агент** ќе подразбираме се` што може да ја прима својата **околина** преку **сензори** и да одговара на таа околина соодветно преку **актуатори** – извршни елменти. Оваа едноставна дефиниција е илустрирана на сл.2.1.



Сл.2.1. Агентите содејствуваат со својата околина преку сензори и актуатори

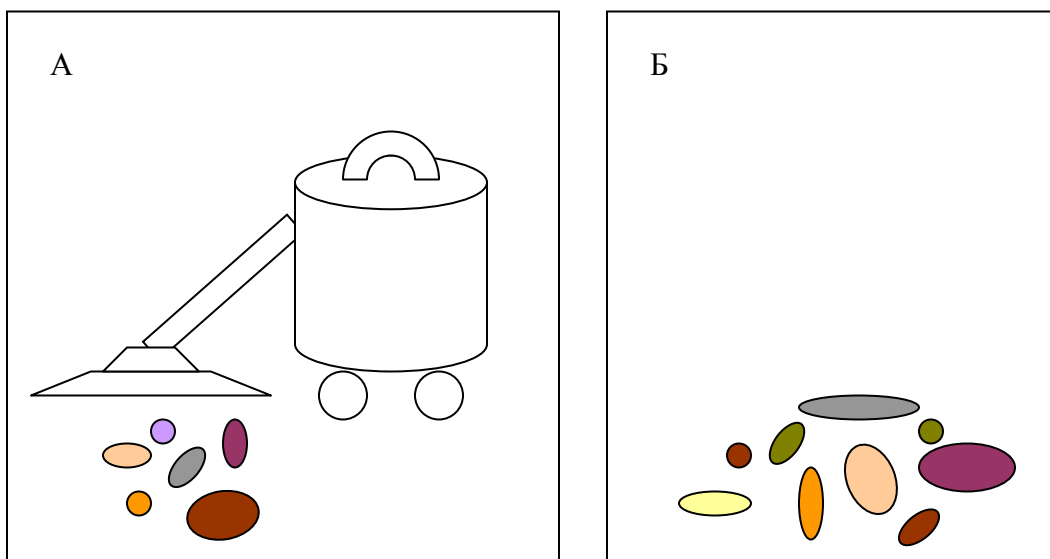
Во согласност со усвоената дефиниција и човекот може да се смета за агент, кај кој улогата на сензори ја имаат неговите сетила за вид, слух итн., а улогата на актуатори неговите раце, нозе, уста и др. Еден робот исто така претставува агент, кој за сензори може да има камери и регистрирачи на инфрацрвена светлина, а за актуатори најразлични мотори. Еден софтверски агент својата околина ја прима преку содржините внесени преку компјутерската тастатура, сместени во одредени датотеки, или добиени преку компјутерските мрежи, а одговара преку екранот, формираните датотеки, испратените содржини преку компјутерските мрежи. Во продолжение ќе претпоставиме дека секој агент може да ги „види“ сопствените дејствија, но не секогаш и последиците од тие дејствија.

Поимот **перцепција** се однесува на влезните информации што ги прима агентот од својата околина во произволен временски миг. Целокупната историја на се` она што агентот

некогаш го „видел“ (перцепирал, воспримил од својата околина) ќе ја нарекуваме **низа перцепции**. Во општ случај, **изборот на дејствување на еден агент во произволен временски миг може да зависи од целокупната низа перцепции до тој момент**. Еден агент ќе биде наполно определен (познат) доколку за секоја можна низа перцепции може да се дефинира неговиот избор на дејствие (одговор). Кажано на математички јазик, однесувањето на еден агент е опишано со **агент функцијата** која ја пресликува секоја низа перцепции во одредено дејствие.

Агент функцијата може да се претстави со соодветна таблица во која се внесени низите перцепции и соодветните дејствија. Во општ случај оваа таблица ќе биде бесконечна, доколку не се постави граница на должината на низите перцепции кои се набљудуваат. За даден агент таблицата на неговата агент функција може да се состави така што ќе се испробаат сите можни низи од перцепции и ќе се забележат дејствијата на агентот кои се одговор на тие перцепции. Агент функцијата на еден вештачки агент се реализира со помош на соодветен **агент програм**. Таблицата претставува надворешен опис (модел) на агентот, додека агент програмот - внатрешен. Битно е да се прави разлика помеѓу овие два поими – агент функцијата е апстрактен математички опис, додека агент програмот е конкретна реализација која се извршува во архитектурата на агентот.

Како пример за погоре кажаното може да послужи правосмукалката прикажана на сл.2.2, чија околина има само две местоположби: квадратот А и квадратот Б. Правосмукалката, која претставува многу едноставен агент, под претпоставка, е во состојба да одреди во кој квадрат се наоѓа и дали во квадратот има ѓубре. Во одговор, може да одбере само едно од следните дејствија: да оди лево доколку се наоѓа во квадратот Б, да оди десно доколку се наоѓа во квадратот А, да чисти или да мирува (да не работи ништо).



Сл.2.2. Правосмукалка и нејзината околина со две местоположби

Една едноставна агент-функција на правосмукалката би изгледала вака: ако во тековниот квадрат има ѓубре – исчисти го, во спротивно – оди во другиот квадрат. Оваа агент-функција е прикажана со Таблицата 2.1.

Таблица 2.1. Табелирање на агент-функцијата за правосмукалката од сл.2.2

низа перцепции	дејствија
А нема ѓубре	оди десно
А има ѓубре	всисувај
Б нема ѓубре	оди лево
Б има ѓубре	всисувај
А нема ѓубре, А нема ѓубре	оди десно
А нема ѓубре, А има ѓубре	всисувај
.....
А нема ѓубре, А нема ѓубре, А нема ѓубре	оди десно
А нема ѓубре, А нема ѓубре, А има ѓубре	всисувај
.....

Врз основа на Таблицата 2.1 може да се заклучи дека различни агенти од типот на правосмукалката можат да се дефинираат со едноставно пополнување на десната колона од Таблицата 2.1 на различен начин. Меѓутоа, веднаш се наметнува прашањето: Кој е точниот начин на пополнување на Таблицата 2.1? Со други зборови, што го прави агентот добар или лош, интелигентен или глупав? Ова се клучните прашања на кои се обидува да одговори вештачката интелигенција.

Правосмукалката од сл.2.2 е пример за едноставен агент, бидејќи одлучува само врз основа на информациите за квадратот во кој се наоѓа и фактот дали во квадратот има ѓубре. Соодветниот агент-програм е даден на сл.2.3.

ако *состојбата* = валкано тогаш *всисувај*
 во спротивно, ако *местоположбата* = А тогаш *оди десно*
 во спротивно, ако *местоположбата* = Б тогаш *оди лево*

Сл.2.3. Агент-програм за едноставен агент претставен со правосмукалката од сл.2.2

2.2. КОНЦЕПТ ЗА РАЦИОНАЛНОСТ

Рационален агент е агент кој секогаш го прави токму она што е добро и правилно, она што треба да го направи. Математички гледано, тоа е агент чија таблица на агент функцијата е точно исполнета. Се разбира дека да дејствуваш правилно е подобро отколку да дејствуваш неправилно, меѓутоа првото прашање што веднаш се наметнува е: што е тоа правилно и добро? Во прва апроксимација може да се каже дека правилно и добро дејствие е она дејствие кое го прави агентот најуспешен. Следствено, потребна е некаква мерка за успешноста на агентот. Во вештачката интелигенција, како мерка за успешноста на еден агент се користи тн. **мерка за поведението на агентот**. Кога агентот ќе се најде во некоја околина, тој генерира низа последователни дејствија во согласност со примените перцепции. Овие дејствија предизвикуваат околината да мине низ низа последователни состојби. Доколку таа низа е пожелна, поведението на агентот е добро. Се разбира дека не постои единствена мерка на поведението за сите агенти. Едно решение би било да се запраша самиот агент дали е задоволен од своето поведение. Меѓутоа, некои агенти не ќе бидат во состојба да одговорат (правосмукалката), а некои ќе се залажуваат самите себе (човечките агенти многу често дејствуваат во согласност со онаа изрека – грозјето е високо, па е кисело). Со други зборови, субјективната оценка на поведението е неприфатлива. Како објективна мерка за поведението на еден вештачки агент најчесто се усвојува мерката зададена од самиот проектант на агентот.

За илустрација повторно може да се набљудува агентот правосмукалка од сл.2.2. Како мерка за квалитетот на поведението на правосмукалката може да се усвои количеството исчистено ѓубре во текот на 8 часовно работно време. Меѓутоа, еден рационален агент може да ја максимизира оваа мерка така што во текот на 8 часа постојано ќе го чисти ѓубрето и ќе го истура, па повторно ќе го чисти и истура.... Очигледно, посоодветна мерка за поведението на агентот правосмукалка би била ако тој се наградува за чистиот под и, евентуално, казнува за потрошената струја и направената бука.

Изборот на мерка за оценка на поведението не е секогаш едноставен. Така на пример, поимот “чист под“ во случајот на правосмукалката е заснован врз средна вредност на чистотата на подот за набљудуваниот временски период. Меѓутоа, иста средна вредност може да се постигне со два различни агенти правосмукалки – една што работи интензивно и прави подолги паузи, и една што работи помалку, ама постојано.

Што е рационално во даден временски миг зависи од четири работи:

- мерката за оценка на поведението на агентот, која претставува критериум за успешност на агентот
- претходните сознанија и знаење на агентот за околината
- дејствијата кои агентот може да ги извршува
- низата перцепции кои ги примил агентот до дадениот миг

Оттука произлегува и следната дефиниција на еден рационален агент: **За секоја можна низа перцепции, еден рационален агент треба, врз основа на сопственото знаење кое го поседува и информациите добиени од низата перцепции, да одбере дејствие кое ја максимизира мерката за оценка на неговото поведение.**

Како пример за илустрација повторно ќе послужи агентот правосмукалка. Дали таа претставува рационален агент? За да може да се одговори на ова прашање, најнапред треба да се дефинира мерката за оценка на поведението, да се дефинираат сензорите и актуаторите на агентот, и да се опише неговата околина со расположивото знаење и информации. Нека, под претпоставка, мерката за поведение доделува по еден поен за секој чист квадрат по еден временски чекор во текот на 1000 временски чекори. Понатаму, географијата на околината е однапред позната (сл.2.2), меѓутоа распределбата на ѓубрето и почетната положба на агентот не се. Чистите квадрати остануваат чисти, а правосмукалката во еден чекор го чисти само ѓубрето од тековниот квадрат. Дејствијата ЛЕВО и ДЕСНО го придвижуваат агентот лево и десно, соодветно, освен во случаите кога тие би го извадиле надвор од околината. Во таков случај агентот останува каде што е. Можни дејствија на агентот се : ЛЕВО, ДЕСНО, ВСИСУВАЈ, НЕ ПРАВИ НИШТО. Агентот, под претпоставка, точно ја перцепира својата положба и ѓубрето во неа.

Под направените претпоставки, агентот правосмукалка навистина е рационален. Меѓутоа, под други претпоставки, тој лесно може да биде ирационален. На пример, откако го исчистил целото ѓубре, агентот ќе почне да осцилира бесконечно лево десно. Доколку мерката за поведение доделува по еден казнен поен за секое движење лево или десно, агентот ќе се однесува навистина лошо. Подобар агент во овој случај ќе биде агентот кој нема ништо да превзема откако еднаш ќе се увери дека квадратите се чисти. Доколку, пак, во некој од квадратите може повторно да се појави ѓубре, агентот треба да биде во состојба од време на време да проверува и повторно да го исчисти новосоздаденото ѓубре. Конечно, доколку географијата на околината не е позната, агентот треба да биде во состојба да ја истражува, наместо да се врзува за квадратите А и В.

Рационалноста треба да се разликува од совршеноста, која вклучува и способност за предвидување, зошто совршеноста не постои во стварност. Еден совршен агент ќе ги знае последиците од своите дејствија и ќе дејствува соодветно. Нека, на пример, еден агент шета по Елисејските полиња и здогледува стар пријател на другата страна од улицата. Бидејќи на улицата нема сообраќај, а тој има слободно време, агентот започнува да ја минува улицата. Меѓутоа, во тој момент, на 10 000 м. височина над него, се откачува вратата за багаж од некој патнички авион и пред да ја мине улицата, агентот е смачкан. Дали тоа значи дека агентот е нерационален што ја преминувал улицата? Примерот покажува дека рационалноста не е исто што и совршеноста. Рационалноста го максимизира очекуваното поведение, додека совршеноста го максимизира стварното поведение.

Дефиницијата за рационалност не бара и не вклучува совршенство, бидејќи изборот на дејствија на еден рационален агент зависи само од минати низи перцепции – она што агентот го перцепирал до дадениот момент. Меѓутоа, таа бара агентот да биде во состојба да собира информации и да учи од нив. Пример за собирање информации е

истражувањето на околината што треба да го врши агентот правосмукалка во случај на непозната околина. Или на пример, рационален агент што треба да премине улица, најнапред ќе “погледне“ лево и десно, зошто на тој начин го максимизира очекуваното поведење. Преминувањето улица без “погледнување“ дали од некаде се приближува возило е премногу голем сообраќаен ризик.

Постојат екстремни случаи во кои околината е целосно позната. Во такви случаи агентот не треба ништо да перцепира и учи, тој едноставно дејствува правилно. Меѓутоа, ваквите агенти се многу чувствителни – во смисла дека лесно откажуваат. Како пример може да се набљудува малата бубачка од сл.2.4. По копањето на гнездото и полагањето на јајцата, таа прави мала топка од земја за да го затвори отворот од гнездото. Ја тркала топката се до отворот и ја вгладува во него. Меѓутоа, ако топчето земја и се одземе додека таа го тркала, бубачката и понатаму ќе продолжи со истите движења, како ништо да не се случило. Таа и понатаму ќе се однесува како да тркала топче и како да го затвора отворот со него, иако топчето го нема. Еволуцијата вградила одредени претпоставки во поведението на бубачката и кога тие ќе бидат нарушени, како резултат следува неуспешно поведење.



Сл.2.4. Мал чистач на природата

Малку поинтелигентна е осичката од сл.2.5. Женката копа дупка, лови плен и го довлечува до дупката, влегува внатре да провери дали е се во ред, потоа го внесува пленот и ги положува јајцата. Меѓутоа, доколку пленот и се помести неколку сантиметри секој пат кога таа ја проверува дупката, бубачката постојано ќе ја повторува постапката на довлечување на пленот до дупката и проверка на дупката. Таа не е свесна дека нешто не е во ред со нејзиниот “внатрешен програм“ и затоа нема да го смени.

Успешните агенти ја делат задачата за пресметување на агент функцијата на три различни периоди: првиот период е кога агентот се проектира – дел од пресметките ги вршат и самите проектанти. Вториот период е кога агентот почнува самостојно да дејствува и врши дополнителни пресметки. На крајот, како учи од своето искуство, агентот врши понатамошни пресметки и одлучува како да го модифицира своето поведење.



Сл.2.5. Осичката го лови својот плен

Кога агентот се ослонува врз знаењето на својот проектант, а не врз сопствените перцепции, се вели дека тој е **неавтономен**. Рационалниот агент мора да биде **автономен** – мора да научи како да го компензира недоволното или погрешно претходно знаење. На пример, правосмукалка која може да предвиди каде и кога ќе се појави дополнително губре, ќе биде поуспешна од онаа што не може. Во пракса никогаш не се бара целосна автономија на агентот од самиот почеток. Кога агентот нема никакво или сосема мало претходно искуство, логично е дека тој ќе се однесува случајно, освен ако не му помогне проектантот. Така, слично како што природата ги снабдува животните со доволно вградени рефлексии кои им овозможуваат да опстанат се` додека самите не се во состојба да научат од своето искуство, така и еден вештачки агент треба да поседува претходно знаење и способност да учи. По доволно искуство, поведението на еден рационален агент што може да учи ќе стане ефикасно, независно од неговото претходно знаење.

2.3. ВИДОВИ ОКОЛИНИ

ЦЕЛОСНО НАБЉУДЛИВА ИЛИ ДЕЛУМНО НАБЉУДЛИВА. Доколку сензорите на агентот му обезбедуваат информации за целосната состојба на околината во секој временски миг, околината се смета за целосно набљудлива. Една околина е ефективно целосно набљудлива, доколку агентот во секој миг на време добива информации преку своите сензори за сите битни (релевантни) аспекти на таа околина, а релевантноста зависи од мерката за оценка на поведението на агентот. Целосно набљудливите околинати се многу погодни, бидејќи агентот не мора да поседува некоја внатрешна состојба преку која ќе ја следи околината и она што се случува во неа. Една околина може да биде делумно набљудлива заради присуството на шумови во неа, непрецизни сензори на агентот, или,

едноставно затоа што делови од состојбата недостасуваат во податоците што ги обезбедуваат сензорите. На пример, агентот правосмукалка, која има само локален сензор за ѓубре, не може да одреди дали во другите квадрати има ѓубре; еден автоматски такси возач не може да види што мислат другите возачи.

ДЕТЕРМИНИСТИЧКА ИЛИ СТОХАСТИЧКА. Доколку следната состојба на околината е целосно определена со тековната и дејствијата што ги извршува агентот, околината е **детерминистичка**. Во спротивно, таа е **стохастичка**. По правило, несигурност во целосно набљудлива и детерминистичка околина за еден агент не претставува проблем. Меѓутоа, доколку околината е делумно набљудлива, за агентот може да биде стохастичка. Ова посебно важи за случаите кога околината е многу сложена, и агентот не е во состојба да води сметка за сите нејзини аспекти кои не се набљудливи. Затоа најдобро е една околина да се дефинира како детерминистичка или стохастичка од гледна точка на агентот. Возењето такси е стохастичка задача, бидејќи однесувањето на учесниците во сообраќајот не може да се предвиди. Исто како што не може да се предвиди кога ќе пукне гума или кога ќе се изгаси моторот без упозорување. Светот на правосмукалката е детерминистички, меѓутоа можат да постојат и стохастички елементи во него, како што е случајното појавување на ѓубре во квадратите или непоузданоста на механизмот за всисување. Доколку една околина е детерминистичка со исклучок на дејствијата на други агенти во неа, таа се нарекува **стратешка**.

СО ЕПИЗОДИ ИЛИ СЕКВЕНЦИЈАЛНА. Во една **околина со епизоди**, искуството на агентот е поделено на епизоди. Секоја епизода се состои од перцепција и извршување на едно дејствие. Следната епизода не зависи од превземените дејствија во претходните епизоди. Изборот на дејствие во секоја епизода зависи исклучиво од самата епизода. Многу задачи за класифицирање се од овој тип. На пример, еден агент, чија задача се состои во откривање (уочување) на неисправните делови во една линија за склопување, секоја одлука ја засновува врз тековниот дел, независно од претходните одлуки. Исто така, тековната одлука не влијае врз следната одлука дали следниот елемент е неисправен. Во една секвенцијална околина, од друга страна, тековната одлука може да влијае врз сите идни одлуки. Пример за вакви околинати се играњето шах и возењето такси. Околините од епизоден карактер се многу поедноставни од секвенцијалните, затоа што агентот не мора да мисли напред.

СТАТИЧКА ИЛИ ДИНАМИЧКА. Ако околината може да се менува додека агентот дејствува, тогаш таа за агентот е **динамичка**. Во спротивен случај таа е **статичка**. Статичките околинати се едноставни за дејствување во нив, бидејќи агентот не мора да ја надгледува околината додека одлучува како да дејствува, ниту пак мора да се грижи за поминатото време. Од друга страна, динамичките околинати постојано бараат од агентот да одлучи како ќе дејствува – ако тој не може или не стасал се`уште да одлучи, тоа се смета како да решил ништо да не стори. Ако со текот на времето околината не се менува, но се менува резултатот од поведението на агентот, околината се смета за **полудинамичка**. Возењето такси очигледно е динамички проблем, играњето шах на време е семидинамичко, додека составувањето слагалки е статичко.

ДИСКРЕТНА ИЛИ КОНТИНУАЛНА. Терминот дискретен(-а) или континуален(-а) може да се примени врз состојбите на околината, времето, перцепциите и дејствијата на агентот. На пример, играта шах има конечен број дискретни состојби. Шахот исто така се одликува со дискретни перцепции и дејствија. Возењето такси е континуален проблем со континуална околина: брзината и локацијата на таксито се континуални величини; оддалеченоста на другите возила и самите дејствија на возење такси исто така се континуални.

СО ЕДЕН АГЕНТ ИЛИ СО ПОВЕЌЕ АГЕНТИ. Еден агент кој самиот решава крстословки се наоѓа во **околина со еден агент**. Агент кој игра шах со противник се наоѓа во **околина со два агенти**. Околините со повеќе агенти можат да се поделат на соработувачки и натпреварувачки. На пример, во играта шах, противникот В настојува да ја максимизира мерката за своето поведение, што автоматски значи минимизирање на мерката за поведението на противникот А. Затоа шахот е пример за натпреварувачка околина. Од друга страна, при возењето такси, возачите настојуваат да избегнат судар, што ја максимизира мерката за поведение на сите учесници. Тоа го прави возењето такси делумно **соработувачка околина**. Но возењето такси може да биде и делумно **натпреварувачка околина**, на пример, при паркирањето. При проектирањето агенти за околина со повеќе агенти се јавуваат различни проблеми отколку при проектирањето на агенти за околина со еден агент. Типичен пример е комуникацијата, како рационално однесување во средина со повеќе агенти.

Во Таблица 2.2 се дадени особините на некои познати околинати. Се разбира, не треба се` да се земе како апсолутно и неменливо. Многу од одговорите во Таблица 2.2 зависат од дефиницијата на околината. Така, на пример, кај медицинската дијагноза е ставено еден агент. Меѓутоа, многу лесно тоа може да се предефинира и како околина со повеќе агенти ако, на пример, е вклучен медицински тим. Исто така, задачата може да се гледа како епизодна, ако се работи за поставување дијагноза врз основа на наведени симптоми. Меѓутоа сигурно е секвенцијална, ако се состои од серија испитувања, лабораториски тестови и снимања, надгледување на напредокот на болеста при третманот итн. Или, на пример, еден шаховски натпревар – тој претставува околина со епизоди, во која секоја одделна игра претставува една епизода.

Таблица 2.2. Примери за околинати и нивните карактеристики

околина	набљудлива	детерминистичка	епизодна	статичка	дискретна	агенти
крстозбор	целосно	Детерминистичка	секвенцијална	статичка	дискретна	еден
шах	целосно	Стратешка	секвенцијална	полу	дискретна	повеќе
покер	делумно	Стохастичка	секвенцијална	статичка	дискретна	повеќе
дама	целосно	Стохастичка	секвенцијална	статичка	дискретна	повеќе
такси	делумно	Стохастичка	секвенцијална	динамичка	континуална	повеќе
медицинска дијагностика	делумно	Стохастичка	секвенцијална	динамичка	континуална	еден
анализа на слики	целосно	Детерминистичка	епизодна	полу	континуална	еден
робот за подигање делови	делумно	Стохастичка	епизодна	динамичка	континуална	еден
контролер во рафинерија	делумно	Стохастичка	секвенцијална	динамичка	континуална	еден
интерактивен учител по англ.	делумно	стохастичка	секвенцијална	динамичка	дискретна	повеќе

Од сите наведени околии, најтешка е делумно набљудливата, стохастичката, секвенцијалната, динамичката, континуалната и околината со повеќе агенти.

2.4. СТРУКТУРАТА НА ЕДЕН АГЕНТ

Наједноставната формула со која може да се претстави еден агент гласи:

агент=архитектура(градба, физичка изведба)+програм

Под **архитектура на еден агент** ќе подразбираме некој вид пресметувачки уред кој поседува сензори и актуатори. Под **програм на агентот** подразбираме програм со кој се реализира пресликувањето на информациите што ги прима агентот од неговата околина во негови дејствија – тн. функција на агентот, кој се извршува од страна на споменатиот пресметувачки уред. Физичката изведба на агентот може да се состои од еден едноставен пресметувач, или да претставува роботска кола опремена со повеќе пресметувачи, камери и др. сензори. Програмот на агентот мора да одговара на неговата градба - агентот мора да поседува нозе доколку неговиот програм му наложи да оди. Општо земено, архитектурата на агентот е таа која што информациите добиени од сензорите ги доставува до програмот на агентот, го реализира (извршува, процесира) програмот и изборот на дејствија што го прави програмот го пренесува до актуаторите.

2.4.1. ПРОГРАМ НА АГЕНТОТ

Влез на секој еден агент-програм е тековната информација за неговата околина, а излез – изборот на соодветно дејствие. Во тоа агент-програмот се разликува од агент-функцијата, чиј влез е целокупната историја на примени влезни информации од страна на агентот. За дејствието на еден агент да се генерира врз основа на сите претходно примени информации од страна на агентот, тој мора да поседува меморија.

Четири основни типови агент-програми се:

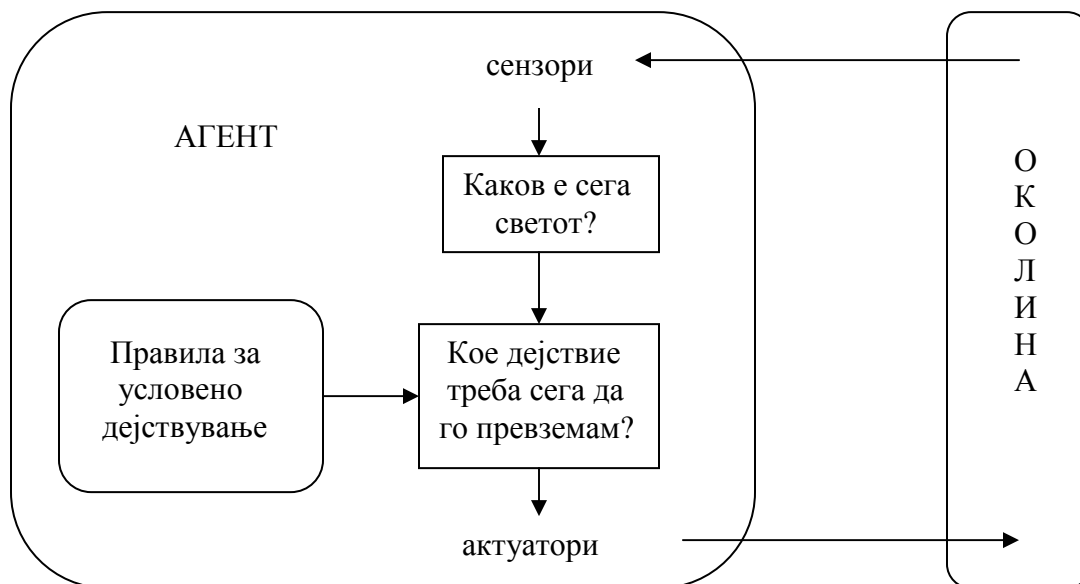
1. Едноставни рефлексни агенти
2. Рефлексни агенти засновани на модел
3. Рефлексни агенти засновани на цел
4. Рефлексни агенти засновани на полезност
5. Агенти што учат

Тие ги содржат основните принципи вградени скоро во сите интелигентни системи.

2.4.2. ЕДНОСТАВНИ РЕФЛЕКСНИ АГЕНТИ

Ова е наједноставниот вид агент. Тој своето дејствие го одбира само врз основа на тековната влезна информација, занемарувајќи ја историјата влезни перцепции. Како пример за ваков агент може да послужи правосмукалката прикажана на сл.2.2, чија агент функција е дадена во Таблица 2.1. Правосмукалката претставува едноставен рефлексен агент, бидејќи одлучува само врз основа на информациите за квадратот во кој се наоѓа и фактот дали во квадратот има ѓубре. Нејзиниот агент-програм е даден на сл.2.3. Во споредба со таблицата на агент-функцијата, агент програмот е многу, многу покус, што се должи главно на фактот дека минатото не се зема предвид. Така бројот можности од 4^T се сведува на 4. Фактот дека, кога тековниот квадрат има ѓубре, дејствието не зависи од локацијата овој број го сведува на 3 можности.

Шематски дијаграм на еден рефлексен агент е прикажан на сл.2.4.



Сл.2.4. Шематски приказ на едноставен рефлексен агент

Рефлексните агенти се многу едноставни, но се истотака со многу ограничена интелигенција. Еден рефлексен агент ќе работи добро само доколку е во состојба коректно да одлучува врз основа на тековните информации од околината, што подразбира дека околината е целосно набљудлива. И најмала мерка на ненабљудливост може да предизвика сериозни проблеми во одлучувањето. Така, на пример, да претпоставиме дека правосмукалката од сл.2.2 го нема својот сензор за положба и има само сензор за ѓубре. Ваквиот агент има само две можни влезни информации: **чисто** и **валкано**, односно **нема ѓубре** и **има ѓубре**. Како одговор на влезот **валкано (има ѓубре)**, тој ќе превземе дејствие **всисувај**. Но што треба да стори во случај кога влезот е **чисто (нема ѓубре)**? Изборот на

дејствието **оди лево** доколку се наоѓа во квадратот А и дејствието **оди десно**, доколку се наоѓа во квадратот Б, водат кон бесконечни затворени јамки.

2.4.3. РЕФЛЕКСНИ АГЕНТИ ЗАСНОВАНИ ВРЗ МОДЕЛ

Најефикасен начин да се реши и надмине проблемот со делумната набљудливост на околината е агентот да чува информации за делот од околината што во даден момент не може да го „види“. Со други зборови, агентот мора да има некоја внатрешна состојба што зависи од минатото и која ќе му овозможи барем некакви информации за делот од околината што во моментот е ненабљудлив. За илустрација може да послужи примерот со агентот - возач на автомобил, кој треба да промени лента на движење. Агентот во овој случај мора да води сметка каде се сите други возила на патот, иако можеби не може сите да ги види одеднаш.



Сл.2.5. Шематски приказ на рефлексен агент заснован врз модел

Внатрешната состојба на агентот мора постојано да се ажурира со тек на времето тој да биде успешен во својата задача, а за таа цел агент-програмот мора во себе да има вградено два типа знаење. Најнапред, потребни се информации за тоа како околината се развива и менува независно од агентот. На пример, во случајот на агентот возач таква информација би била следната – општо земено, колата што претркува во секој следен миг ќе биде поблизу до возачот отколку во претходниот миг. Во продолжение, потребни се и информации за тоа како самиот агент со своите дејствија влијае врз околината. На пример, ако возачот го заврти воланот на десно, автомобилот ќе заврти в десно. Или, ако автомобилот патува на север 5 километри за 5 минути, по 5 минути тој ќе биде оддалечен 5 километри во правец на север од местото на кое бил пред 5 минути. Ова знаење за тоа „како се однесува околината“ се нарекува **модел на околината**. Агент-програм што користи ваков модел на околината се нарекува **агент-програм заснован врз модел**.

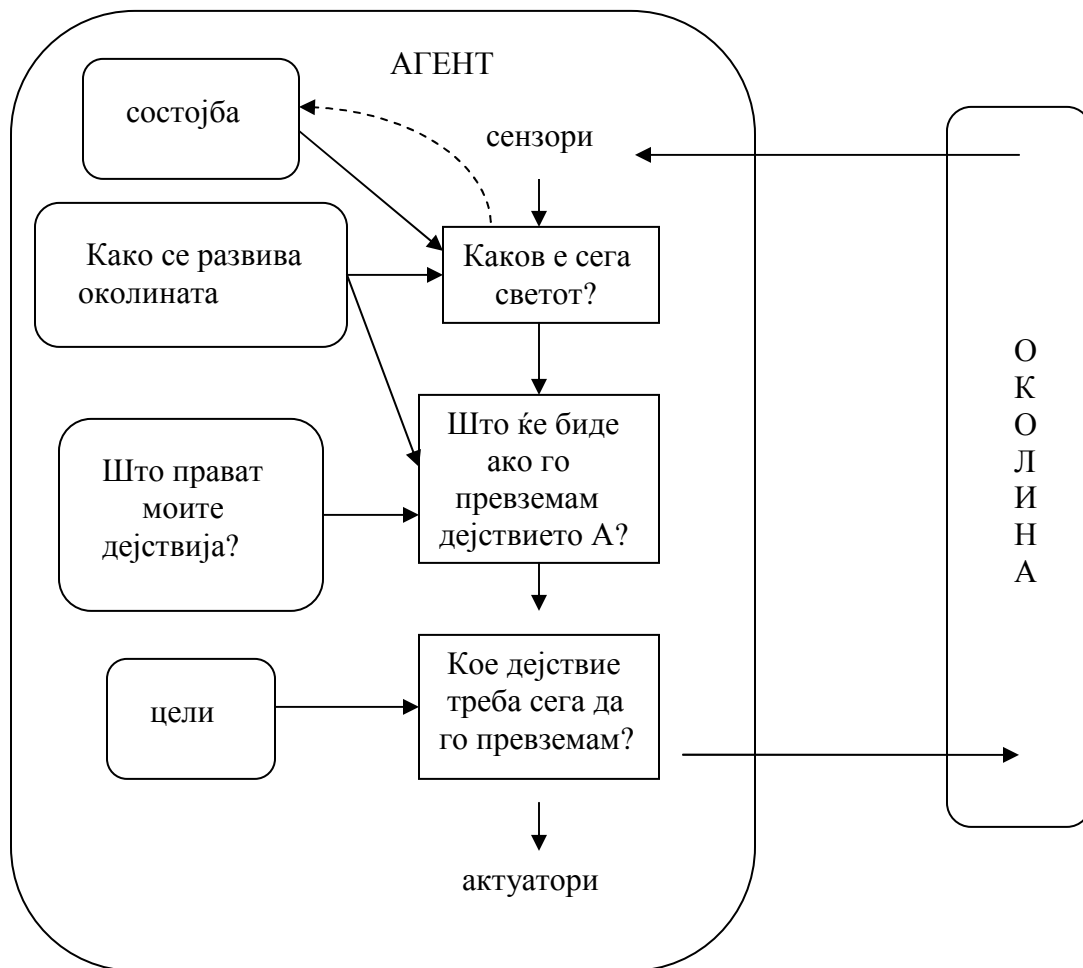
На сл.2.5 е прикажана структурата на рефлексен агент-програм со внатрешна состојба од каде се гледа дека тековните информации за околината се надоврзуваат на старата внатрешна состојба за да се добие ажурираната моментална состојба.

2.4.4. РЕФЛЕКСНИ АГЕНТИ ЗАСНОВАНИ ВРЗ ЦЕЛ

Познавањето на тековната состојба на околината не е секогаш доволно агент-програмот да може да одлучи за тековното дејствување на агентот. На пример, на раскрсница, едно возило може да заврти влево, на десно, или да продолжи право. Точната одлука во овој случај зависи и од тоа каде се упатило возилото. Со други зборови, освен опис на тековната состојба, на агент-програмот му треба и информација за саканата цел. Оваа информација агент-програмот ја комбинира со информациите за резултатите од можните дејствија.

Понекогаш изборот на соодветното дејствие е директен. Тогаш целта се постига со единствено дејствие. Меѓутоа, почесто агент-програмот треба правилно да избере цела низа последователни дејствија со цел да ја постигне поставената цел. Пребарувањето и планирањето се две подобласти од вештачката интелигенција со помош на кои се остварува оваа задача.

Агентите чии програми се засновани врз цел се помалку ефикасни, но се пофлексибилни, зошто нивното знаење врз кое го засновуваат одлучувањето е претставено експлицитно и може да се менува. Ако почне да врене, агентот-возач, чиј програм е заснован врз цел, го ажурира своето знаење со информации за тоа колку се ефикасни неговите кочници на влажен пат и автоматски го менува целокупното однесување за да се прилагоди на новонастанатите услови. Рефлексниот агент програм, пак, може да се прилагоди на новонастанатите услови само ако се променат неговите правила на одлучување. Агент програмот на еден агент-возач заснован врз цел лесно може да се прилагоди и на промената на крајната дестинација. За да го стори истото еден соодветен рефлексен агент-програм, треба да се изменат многу од неговите правила.



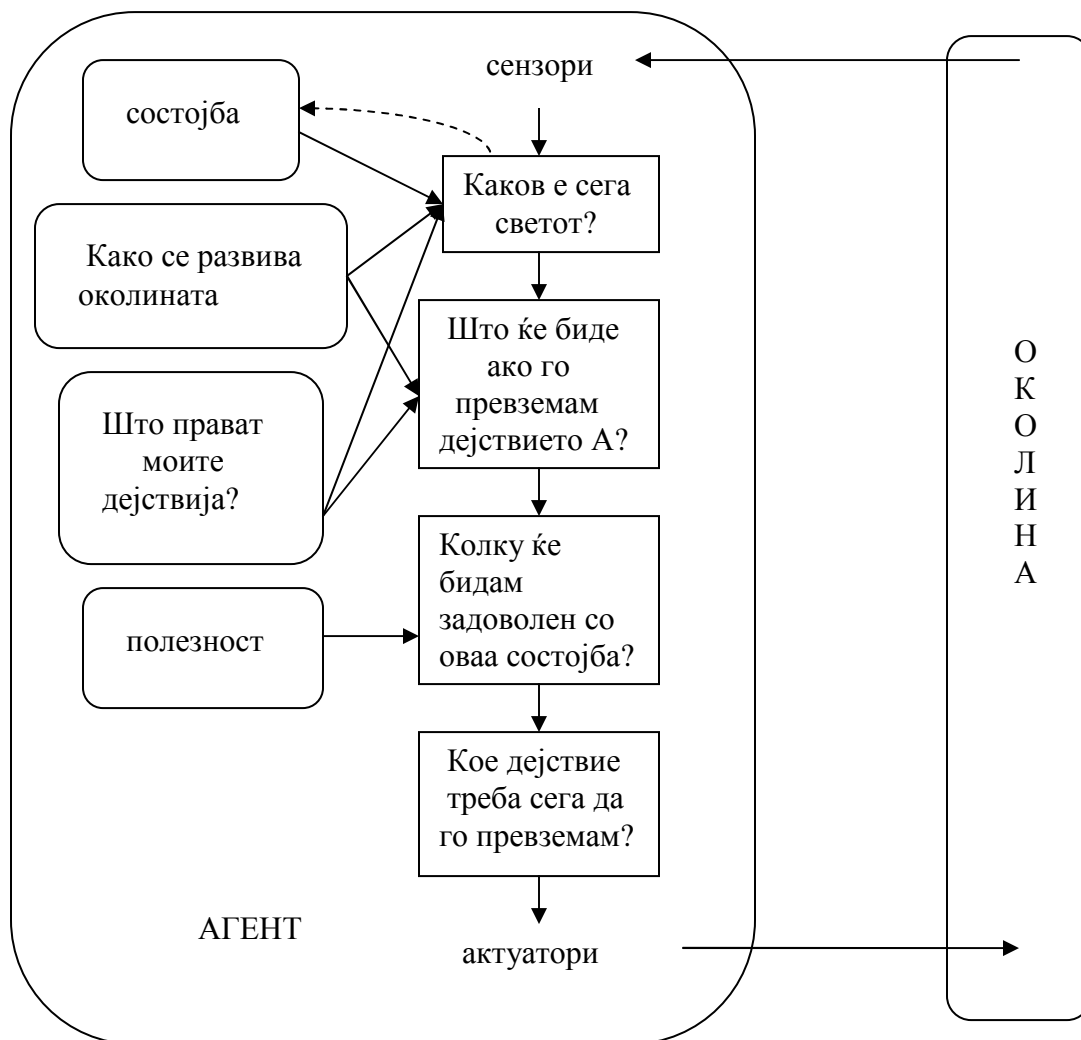
Сл.2.6. Шематски приказ на рефлексен агент заснован врз цел

2.4.5. РЕФЛЕКСНИ АГЕНТИ ЗАСНОВАНИ ВРЗ ПОЛЕЗНОСТ

Во најголем број случаи и средини целите не се доволни за да се обезбеди високо квалитетно поведење на агентот. Постојат многу низи дејствија кои агентот-возач ќе го одведат до неговата крајна дестинација односно цел, меѓутоа, некои се побрзи, побезбедни, или поевтини од другите. Агент-програмите засновани врз цел во остварувањето на својата цел разликуваат само две состојби: „задоволен“ или „незадоволен“. За да се утврди „колку е задоволен“ агентот ако ја оствари целта на еден или друг начин потребна е поопшта мерка на перформанси, која се нарекува **полезност**. Следствено, полезноста е показател на успешноста на одредена низа дејствија што води до целта на агентот. Една **функција на полезност** претставува пресликување на состојба или низа од состојби во реален број, кој го претставува степенот на успешност на таа состојба во остварувањето на целта. Функцијата на полезност овозможува рационално одлучување

во два случаи кога целите не се доволни. На пример, кога се работи за спротивставени цели – брзина и безбедност – функцијата на полезност го обезбедува потребниот компромис. Или, во случаите кога агентот се стреми кон повеќе цели, чие постигање не е апсолутно сигурно, функцијата на полезност обезбедува начин за споредба на степенот на успешност во остварувањето на една цел со нејзината важност. Следствено, агент што поседува експлицитна функција на полезност може да донесува рационални одлуки, без оглед на типот на таа функција.

На сл. 2.7 е прикажана структурата на еден агент заснован врз полезност. Тој користи модел на околината и функција на полезност со која се одредува степенот на полезност на секоја од состојбите на околината. Врз основа на нив тој одбира дејствие со најголема очекувана полезност, при што најголемата очекувана полезност се пресметува како средна вредност од сите можни состојби, помножени со соодветен тежински фактор во зависност од нивната веројатност на појавување.



Сл.2.7. Шематски приказ на структурата на рефлексен агент заснован врз полезност

2.4.6. АГЕНТИ ШТО УЧАТ

Сите досега споменати агент-програми користат различни постапки за избор на соодветното дејствие или след на дејствија. Меѓутоа, ниеден од нив не може успешно да дејствува во непозната средина. Тјуринг во 1950 година предложил машини што можат да учат и да се обучуваат. Учењето има голема предност зошто му овозможува на агентот со вакво својство да дејствува и во непозната средина, да ја осознае средината и да биде поуспешен отколку што тоа му го дозволува неговото првобитно (почетно) знаење за таа средина. **Агент што може да учи** се состои од четири концептуални компоненти: елемент за дејствување, елемент за учење, контрола, проблем генератор.

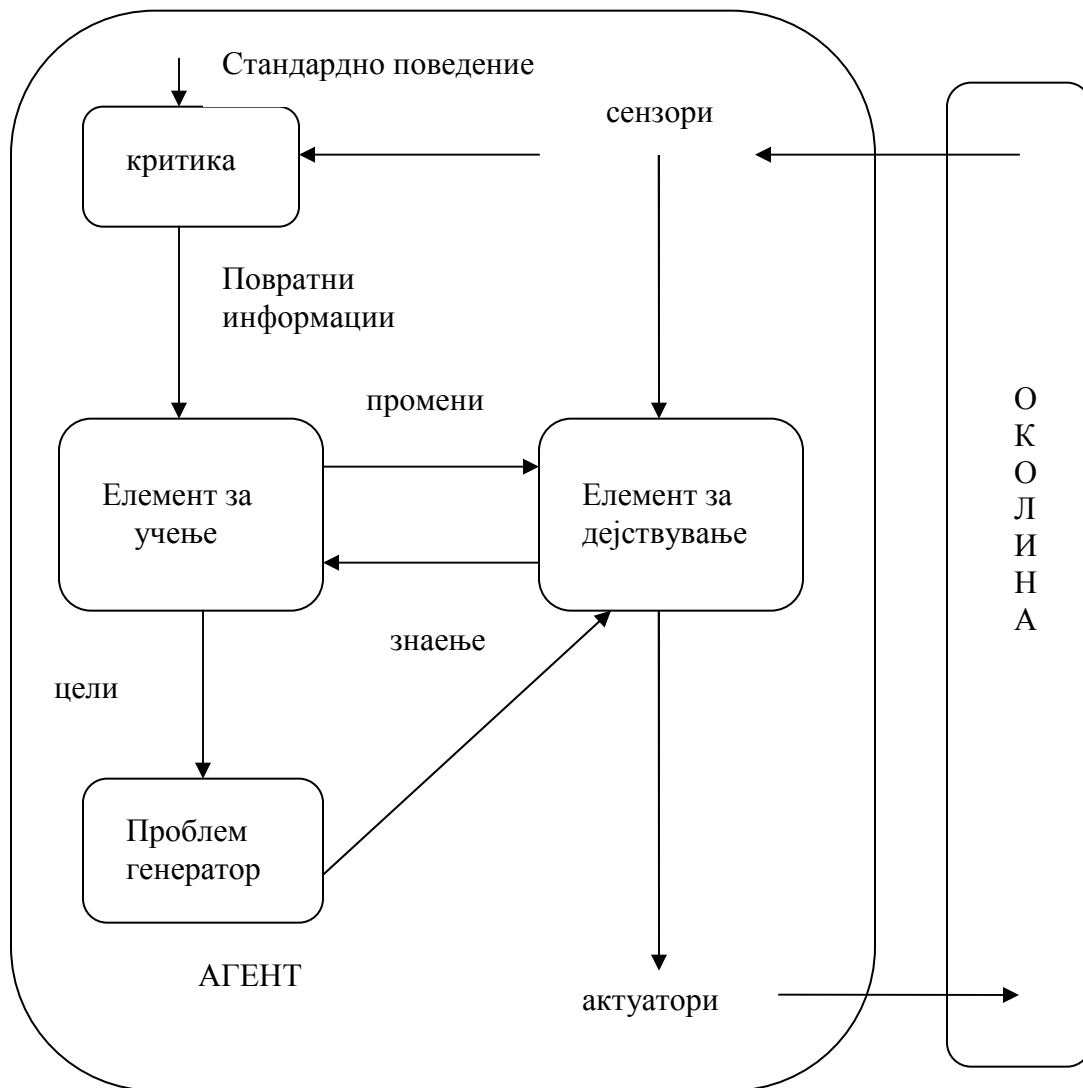
Елементот за дејствување е одговорен за изборот надворешни дејствија. Тој ги прима сите расположиви информации и одлучува врз основа на нив. Елементот за дејствување кај агентите со можност за учење е она што кај претходните типови агенти е самиот агент.

Елементот за учење е одговорен за успешното приспособување на агентот кон непознатата средина – осознавање на таа средина, обучување на агентот и негово приспособување за успешно дејствување кон новите услови. Елементот за учење добива повратни информации од контролата на поведение за тоа колку е успешен агентот и одлучува како треба да се прилагоди елементот за дејствување за да биде поуспешен во иднина. Изведбата на елементот за учење во голема мерка зависи од изведбата на елементот за дејствување.

Контролата е елемент кој одредува колку е успешен агентот во согласност со одреден критериум за успешност. Таа треба да биде надвор од агентот, за агентот да не може да ја модифицира во согласност со своето поведение.

Последната компонента на еден агент со учење е **проблем генераторот**, кој предлага дејствија насочени кон нови и информативни искуства, односно кон збогатување на знањето на агентот. Елементот за дејствување постојано би ги извршувал најдобрите дејствија во согласност со знаењето што го има. Меѓутоа, некои нови дејствија кои можеби не се најоптимални на куси стази, можат да доведат до многу подобри и пооптимални дејствија на подолги стази. Задача на проблем генераторот е да генерира токму такви дејствија.

Структурата на агент што учи е прикажана на сл.2.8.



Сл.2.8. Шематски приказ на структурата на агент што учи