**Модель интеллектуального агента**

Определение одной из наиболее абстрактных моделей интеллектуального агента с состоянием. В этом случае агент рассматривается как набор

*AG = (S, A, env, I, refine, action),* где

• S есть непустое конечное множество состояний внешней среды;

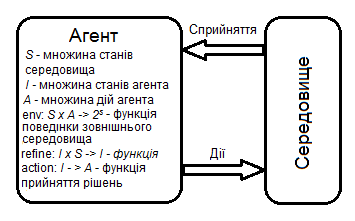
• A есть непустое конечное множество действий агента;

• *env: S × A –> 2S* есть функция поведения внешней среды, сопоставляющая текущему состоянию внешней среды и выбранному агентом действию непустое множество возможных следующих состояний внешней среды. Таким образом, действия агента могут влиять на окружающую среду, но не контролировать её полностью;

• *I* есть непустое конечное множество внутренних состояний агента;

• *refine: I ×S –> I* есть функция обновления состояния, сопоставляющая предыдущему внутреннему состоянию и новому состоянию внешней среды новое внутреннее состояние агента;

• action: I *–>*  A есть функция принятия решения, сопоставляющая текущему внутреннему состоянию агента некоторое действие.



**Планирование**

Одним из отличительных свойств интеллектуального агента является проактивность, что подразумевает способность агента к построению планов взаимодействия с внешней средой.

План агента можно рассматривать как конечный *автомат*

*plan = (P, A, Ipln*, *σpln, ipln*, *0)*, где

• *P* есть входной алфавит автомата, совпадающий со множеством возможных восприятий агентом состояний внешней среды;

• *A* есть выходной алфавит автомата, совпадающий с множеством действий агента;

• *Ipln* есть множество внутренних состояний автомата, являющееся частью множества внутренних состояний агента *I* в том смысле, что *I = Ipln×I’*;

• *σpln ⊆ P × Ipln × Ipln × A* есть отношение переходов, определяющее по восприятию p текущего состояния внешней среды и текущему внутреннему состоянию плана *ipln* следующее состояние для плана *i'pln* и действие, которое следует выполнить агенту;

• *ipln, 0 ∈ Ipln*есть начальное состояние автомата.

Возможным результатом плана plan в начальном состоянии внешней среды *s0* и начальном состоянии плана *i0,pln = i0|Ipln ∈ Ipln* по представлениям агента *bel = i0|Bel(S,A) ∈ Bel(S,A)* назовем множество цепочек *outplan,bel(s0, i0,pln) = {λ ∈ (S × Ipln × A)+}*, где для каждой цепочки *λ ∈ outplan,bel(s0, i0,pln)* выполнено, *λ [0]|S = s0 и λ [0]|Ipln = i0,pln*и для любого *j < |λ|* если существуют такие *s ∈ S, a ∈ A* и *I’pln ∈ Ipln*, что *(λ [j]|S, a, s) ∈ bel* и *(see(λ [j]|S), λ [j]|Ipln, I’pln, a) ∈ σpln*, то *j +1 < |λ|* и существует такое *a’ ∈ A*, что

• *(λ [j]|S, a’, λ [j + 1]|S) ∈ bel*.

• *(see(λ [j]|S), λ [j]|Ipln, λ [j + 1]|Ipln, a’) ∈ σpln*.

Заметим, что результат плана по представлениям агента может отличаться от реальных результатов плана в том случае, если представления агента расходятся с реальностью.

Будем говорить, что план *plan* реализует цель *goal* по представлениям агента *bel ∈ IB* в текущем состоянии среды, воспринимаемом как *p0*, если для любой цепочки *λ ∈ out(plan, bel, p0)* выполнено *goal(λ|P×IB) ≠* *failure*.

Множество всех возможных планов обозначим как 2Plan. В тех случаях, когда это не будет вести к двусмысленности, будем отождествлять план с его отношением переходов.

План агента не является статичным — при изменении желаний или представлений агента он может быть перестроен. Этот процесс мы смоделируем функцией обновления плана (plan revision function):

*prf : IB × ID × 2Plan × P –> 2Plan*

сопоставляющей текущим представлениям агента *bel ∈ IB*, текущим желаниям агента *des ∈ ID*, текущему плану *plan ∈ 2Plan* и восприятию текущего состояния внешней среды *p ∈ P* новый план *plan’ ∈ 2Plan*. В большинстве случаев новый план будет совпадать со старым, однако, если желания или представления агента радикально изменились или произошедшие во внешней среде изменения не были предусмотрены исходным планом, может быть построен новый план.

Кроме того, с каждым планом можно ассоциировать некоторое множество целей *int ⊆ Goal(P, S, A),* которые реализуются планом по представлениям агента и которые содержались во множестве желаний агента *des* на момент построения плана. Такие цели мы будем называть намерениями агента.

**Модель мультиагентной системы**

Мультиагентная система представляется тройкой *MAS = (S, AG, env),* где

• *S* есть конечное множество состояний внешней среды;

• *AG = {ag1, . . . , agn}* есть конечное множество агентов, каждый из которых представлен расширенной моделью интеллектуального агента;

• *env : S×Aag1 ×. . .×Aagn –> 2S* есть функция, описывающая возможную

реакцию внешней среды на действия всех агентов системы. Множество всех возможных совместных действий системы обозначим *ACS = Aag1 × . . . × Aagn*.

**Коммуникация агентов**

Так как в рамках оперативной коммуникации агентам требуется максимально быстро обменяться относительно небольшим количеством информации, для моделирования этого вида коммуникации лучше всего подойдет модель сигналов.

Для каждого из агентов agi системы определено конечное множество сигналов Sigagi , а также функция Sendagi : *Pagi × AG –> Sigagi*, описывающая какие сигналы агент agi пошлет каждому из других агентов в текущей ситуации. Заметим, что каждый из агентов может послать каждому другому агенту не болем одного сигнала. Для моделирования ситуации, когда агент не посылает сигнала другому агенту, введем выделенный фиктивный *сигнал sg° ∈ Sigagi*. Поведение функции Sendagi изменяется в процессе взаимодействия с внешней средой, а посланные и полученные сигналы влияют на принятие другими агентами решения о действии. Следовательно, функцию Sendagi удобно моделировать в контексте текущего плана агента. В этом случае план агента представляется как взаимодействующий конечный автомат

*planagi = (Pagi ,Aagi , Sigag1 ×. . . × Sigagn*, *Sigagi*, *Ipln*, *sendpln*, *σpln*, *ipln*, *0)*, где

• *Pagi* есть входной алфавит автомата, совпадающий со множеством возможных восприятий агентом agi состояний внешней среды;

• *Aagi* есть выходной алфавит автомата, совпадающий с множеством действий агента agi;

• *Sigag1 × . . . × Sigagn* есть множество входных сигналов автомата, совпадающее с декартовым произведением множеств сигналов всех агентов системы;

• *Sigagi* есть множество выходных сигналов автомата, совпадающее с множеством сигналов агента agi;

• *Ipln*есть множество внутренних состояний автомата;

• *sendpln : Pagi × Ipln × AG –> Sigagi*есть функция посылки сигналов, определяющая по текущим восприятию внешней среды и состоянию автомата сигнал, который будет послан каждому из агентов системы;

• *σpln ⊆ Pagi × Sigag1 × . . . × Sigagn × Ipln × Ipln × A* есть отношение переходов, определяющее по восприятию *p* текущего состояния внешней среды, набору полученных сигналов *(sg1, . . . , sgn) 2 Sigag1 × . . . × Sigagn* и текущему внутреннему состоянию плана *ipln* следующее состояние плана *i'pln* и действие, которое следует выполнить агенту;

• *ipln,0 ∈ I*pln есть начальное состояние автомата.

Таким образом, решение о выборе действия и смене состояния автомата происходит в два этапа.

1. Определение и рассылка сигналов — на этом этапе каждый из агентов системы определяет по своему восприятию текущего состояния внешней среды и текущему состоянию своего плана, какие сигналы он должен послать остальным агентам и рассылает их.

2. Выбор действия — на этом этапе, основываясь на восприятии текущего состояния внешней среды, текущем состоянии плана и полученным от других агентов сигналах, агент выбирает свое действие и следующее состояние для своего плана.

Предложенная модель коммуникации достаточно проста в реализации и позволяет обеспечить быстрое принятие каждым из агентов системы решения о текущем действии. Заметим, что в предложенной модели агент может отправить сигнал сам себе, в чем, как правило, не возникает необходимости. Это возможность сохранена с целью упрощения описания.

**Модель МАС диспетчеризації АТМ у ГВС**