ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Том 29 1993 Вып. 3

УДК 621.391.1-503.5

© 1993 г. **В. А. Любецкий**

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ[1]

Интеллектуальная система (ИС), исходя из определенных потребностей, имеет мотивы поведения (принятия решений), которые конкретизируются в виде целей. Деятельность ИС по достижению поставленной цели протекает в меньшем масштабе времени, в течение которого ИС имеет одну неизменную цель. Ниже обсуждается эта сторона деятельности ИС.

1. Можно выделить три компонента в связи с задачей моделирования ИС, стремящейся к достижению цели.

Описание цели и того, что значит «цель достигнута», дается в п.2. Описание «памяти», т.е. механизма адекватного (с точки зрения данной цели) реагирования (возбуждения и торможения, создания внутренней модели ситуации) на входную информацию (описание «сенсорной»информации, поступающей в ИС от внешнего мира), посвящен п.3. Описание механизма выбора плана действий (по достижению поставленной цели) на основе текущей входной информации и механизма ее отражения в «памяти»дается в п.4.

Конечно, в столь общей постановке задачи и в отсутствие однозначного экспериментального материала для сравнения возможны очень разные уточнения этих понятий. Однако сравнение самих таких уточнений могло бы быть полезно так же, как и исследование математических утверждений и алгоритмов, лежащих в основе таких уточнений.

Ниже предлагаются очень схематически рамки для одного из возможных уточнений.

2. План действий на рефлекторном уровне автоматически превращается в цепочку реальных действий. Мы не будем рассматривать здесь это превращение и в этом смысле план действий будем называть цепочкой действий.

Итак, ИС ищет цепочку действий $c_o, \ldots, c_\ell, \ldots$, ведущую к желанной для нее цели. Здесь $c_o, \ldots, c_\ell, \ldots$ – последовательность фиксированных букв, множество которых обозначим G. Удобно рассматривать чуть более общую ситуацию, когда цепочка действий имеет вид $\bar{c}_o, \bar{c}_1, \ldots, \bar{c}_i, \ldots$, где эта цепочка представляет собой разбиение предыдущей цепочки на отрезки, вообще говоря, не одинаковой длины. ИС считает, что цель достигнута, если выполняется следующая система условий: $\vee_j \varphi_{1j}(\bar{c}_o, \bar{c}_1), \ldots, \vee_j \varphi_{ij}(\bar{c}_o, \bar{c}_1, \ldots, \bar{c}_{i-1}, \bar{c}_i), \ldots$, где $\varphi_{1j}, \ldots, \varphi_{ij}, \ldots$ – выражения (формулы) в языке, содержащем все обычные пропозициональные символы $\wedge, \vee, \rceil, \Rightarrow, \Leftrightarrow$ и какой-то фиксированный набор символов операций $+, -, \cdot, \ldots$ и предикатов. Обозначим $\varphi_i = \vee_{j=1}^{\infty} \varphi_{ij}$. Эта система имеет естественную интерпретацию: если ИС выполнила действия $\bar{c}_o, \ldots, \bar{c}_{i-1}$, то на следующее возможное действие $\bar{c}_i$ накладывается ограничение φ_i.

[1]Тезисы сообщения, сделанного автором на Вторых математических чтениях памяти М.Я.Суслина (Саратов, сентябрь, 1991 года).

Каждое условие φ_i имеет вид $\vee_j \varphi_{ij}$, так как: 1) кажется естественным описывать требование, относящееся к продолжению $\bar{c}_i$ действий $\bar{c}_o, ..., \bar{c}_{i-1}$ в виде серии «однородных, близких по содержанию» требований φ_{ij} (одного из которых уже достаточно); 2) в целом система условий имеет вид $\wedge_{i=1}^{\infty} \vee_{j=1}^{\infty} \varphi_{ij}$, где мы узнаем традиционную в таких вопросах конъюнктивную нормальную форму.

Особенность нашей ситуации состоит в том, что нужно определить, что значит «выполняется», т.е. какой смысл (в связи с данной целью) придается упомянутым операциям и предикатам. Для этого ИС определяет интерпретацию в множестве G всех этих операций и предикатов; иными словами, определяет полную теорию $\mathrm{Th}G = \{\varphi | G \models \varphi\}$ струкруры (алгебры) G в упомянутом языке, пополненном обычными кванторами. Интуитивно мы смотрим на $\mathrm{Th}G$ как на «систему отсчета», которая привязывает символы $c_o, ..., c_l, ...$ к «реальности, соответствующей данной цели $\varphi_1, ..., \varphi_i, ...$». В этом смысле цель – система условий $\{\varphi_i\}$ плюс полная теория $\mathrm{Th}G$. Это соответствует психологическому наблюдению: для решения определенной задачи создается соответствующая психологическая реальность, в которой символы $c_o, ..., c_l, ...$ получают определенное связанное с этой задачей содержание $\mathrm{Th}G$. Итак, мы хотим найти структуру G, в которой $G \models \wedge_{i=1}^{\infty} \forall\ \bar{x}\ \exists\ \bar{y}\ \ \vee_{j=1}^{\infty} \varphi_{ij}(\bar{x}, \bar{y})$, где $\bar{x}$ заменяет набор $\bar{c}_o, ..., \bar{c}_{i-1}$, а $\bar{y}$ заменяет $\bar{c}_i$. Конечно, в структуре G исходная система условий выполняется в некотором сильном универсальном смысле: для любого начального действия $\bar{c}_o$ можно найти действие $\bar{c}_1$, для которого $\varphi_1(\bar{c}_o, \bar{c}_1)$ и для любых действий $\bar{c}_o, ..., \bar{c}_{i-1}$ можно найти действие $\bar{c}_i$, для которого $\varphi_i(\bar{c}_o, ..., \bar{c}_{i-1}, \bar{c}_i)$; т.е. в сущности это первое условие на структуру G состоит в постулировании наличия функций $f_i(\bar{x}, \bar{y})$, обеспечивающих выполнение условий φ_i. Такая универсальность, по-видимому, соответствует интуитивным представлениям об «образе, соответствующем реализации данной цели».

Второе условие на структуру G состоит в следующем. Полная теория $\mathrm{Th}G$ в сущности является неявным (через свойства) описанием операций и предикатов, в терминах которых описываются условия $\{\varphi_i\}$. Мы хотим потребовать определенной эффективности этого описания. А именно того, чтобы истинность в структуре G определялась ее конечной частью, т.е. $(G \models \varphi) \Leftrightarrow \exists p$ (p – конечный набор базисных формул, $p \Vdash \varphi$). Здесь базисной называется атомарная формула (или ее отрицание) исходного языка, а $\Vdash$ – предикат вынуждения; иными словами, второе условие на структуру G состоит в том, чтобы она была генерической структурой в смысле, который поясняется в п.4.

3. Мы рассматриваем пучки $\mathcal{F}(\cdot)$, определенные на полной гейтинговой алгебре Ω, которая отождествляется с ее стоуновым пространством $X(\Omega)$. Для краткости изложения мы будем рассматривать пучки $\mathcal{F}(\cdot)$, определенные на топологии $\mathcal{T}$ некоторого топологического пространства X. Все локализации $\{\mathcal{F}_x | x \in X\}$ этого пучка являются однотипными алгебрами той же структуры, что и алгебра G.

Текущая входная информация (описание внешнего мира) T (на каком-то n-м такте временного развертывания событий) возбуждает определенную область в пространстве X пучка $\mathcal{F}$. А именно, открытое множество $\mathcal{O}(T, \mathcal{F}) = \{x \in X | \mathcal{F}_x \models T\}^0$, где Z^0 обозначает внутренность множества Z. Здесь можно принимать во внимание не «да-нет» возбуждение «клеток» x, а интенсивность возбуждений. Тогда множество $\mathcal{O}(T, \mathcal{F})$ образуется по распределениям на многообразии X. Однако сейчас мы рассматриваем более простую ситуацию.

Если возбуждение $\mathcal{O}(T, \mathcal{F})$ превосходит некоторый порог, например в смысле того, что $\mu(\mathcal{O}(T, \mathcal{F})) > \lambda$, где $\mu(\cdot)$ – фиксированная мера на X, а λ, вообще говоря, изменяющееся число (или $\mathcal{O}(T, \mathcal{F})$) – массивное в некотором топологическом понимании), то «модуль» $\mathcal{F}$ актуализируется описанием T. (Можно указать на определенное соподчинение и взаимовлияние этих модулей; их роль в качестве элементов, с одной стороны, языка, а с другой стороны, «миров»). Образуется класс $\mathcal{K}_T$ пучков: $\mathcal{K}_T = \{\mathcal{F} | \mathcal{F}$ актуализируется теорией $T\}$. И мы рассматриваем теорию

$\mathrm{Th}\mathcal{K}_T = \{\varphi | \forall \mathcal{F} \in \mathcal{K}_T(\mathcal{F}(X) \models \varphi)\}$ как отражение «в сознании ИС» входного описания T. Условие в фигурных скобках выше будем обозначать $\mathcal{K}_T \models \varphi$.

Точнее сказать, мы определим $\mathcal{K}_T$ следующим образом: $\mathcal{K}_T = \{\mathcal{F} \in \mathcal{K} | \mathcal{F}$ актуализируется теорией $T\}$, где $\mathcal{K}$ – класс «потенциально подготовленных к актуализации пучков». Класс $\mathcal{K} = \mathcal{K}_{n-1}$ отражает опыт, обучение, которые произошли к n-му такту (моменту поступления входного описания T). Класс $\mathcal{K}_{n-1}$ меняется со временем, т.е. $\mathcal{K}_n$ может отличаться от $\mathcal{K}_{n-1}$ по определенным правилам: успешное использование теории $\mathbf{T}_n = \mathrm{Th}\mathcal{K}_{T_n}$ продлевает жизнь классу $\mathcal{K}_{n-1}$ (т.е. $\mathcal{K}_n = \mathcal{K}_{n-1}$), иначе – класс $\mathcal{K}_n$ расширяет класс $\mathcal{K}_{n-1}$. Мы не обсуждаем сейчас эти правила.

4. Последовательное принятие решений (выбор цепочки действий) происходит следующим образом. По входной информации T_n образуется класс $\mathcal{K}_{T_n}$ и теория $\mathbf{T}_n = \mathrm{Th}\mathcal{K}_{T_n}$. От предыдущих итераций имеется цепочка решений $p_1 \subseteq \ldots \subseteq p_{n-1}$ (и G будет по определению равно $G = \bigcup_{n=1}^{\infty} p_n$). Мы выбираем решение p_n из условий: $p_{n-1} \subseteq p_n$ и $< p_n, \mathbf{T}_n > \Vdash \varphi_n$.

Автор с глубокой благодарностью отмечает, что его представления в области искусственного интеллекта сложились под влиянием работ М.Н.Вайнцвайга и А.В.Чернавского (см., в частности, [1,2]), а также личных бесед с ними.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальные процессы и их моделирование/Под ред. Велихова Е.П. и Чернавского А.В. М.: Наука, 1987.
2. Интеллектуальные процессы и их моделирование. Организация движения/Под ред. Чернавского А.В. М.: Наука, 1991.
3. *Любецкий В.А.* О некоторых применениях гейтинговозначного анализа, I // Сборник работ конференции по компьютерной логике. Таллин: Ин-т кибернетики АН ЭССР, 1988. С.58-75.
4. *Lyubetsky V.A.* On some applications of Heyting-valued analysis, II // Lect. Not. Comput. Sci. V.417. New York: Springer-Verlag, 1988. P.122-145.

Поступила в редакцию
24.09.92