

## Ультрамедиа — новое направление в искусственном интеллекте

А.В. Чечкин

Ультрамедиа — новый тип интеллектуальных систем. Идея ультрамедиа возникла и развивается в Московском государственном университете как обобщение идеи мультимедиа на базе понятий математической информатики. Ультрамедиа — это самообучающаяся и самоорганизующаяся интеллектуальная среда, распадающаяся на две взаимодействующие среды моделирования, одну аналоговую, другую символьную, и имеющая два вида состояний, пассивное и активное.

Ультрамедиа — новый тип интеллектуальных систем, рис. 1. Идея ультрамедиа возникла и развивается в Московском государственном университете как обобщение идеи мультимедиа [3] на базе понятий математической информатики [1].

Ультрамедиа — это самообучающаяся и самоорганизующаяся интеллектуальная среда, распадающаяся на две взаимодействующие среды моделирования, одну аналоговую, другую символьную, и имеющая два вида состояний: базовое (пассивное) и рабочее (активное).

Базовое состояние ультрамедиа представляет собой хранение законченных интеллектуальных структур (радикалов). Радикалы формируются в процессе обучения и составляют интеллектуальный фонд интеллектуальной среды.

Рабочее состояние ультрамедиа представляет собой самоорганизацию радикалов в рабочую сеть (РС), ориентированную на конкретный вид интеллектуальных задач. При этом РС — это две взаимодействующие сети: опорная сеть (ОС) из опорных (О) радикалов для аналогового моделирования, другая — ультрасеть (УС) из ультра (У) радикалов для символьного моделирования предметной области ИС. Взаимодействие между ОС и УС осуществляют терминальные (Т) радикалы: датчики и исполнители.

### 1. РАДИКАЛЫ УЛЬТРАМЕДИИ

Различают О-радикалы, У-радикалы и Т-радикалы, рис. 1.

О-радикал является аналогом части конкретной предметной области. Каждый О-радикал моделирует некоторые (свои) объекты и некоторые

1. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

2. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

3. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

4. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

5. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

6. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

7. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

8. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

9. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

10. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

11. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

12. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

13. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

14. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

15. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

16. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

17. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

18. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

19. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

20. Чечкин А.В. Математическая информатика // Ученые зап. кавказского гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2010. Т. 14. № 1. С. 10-15.

(свои) отношения предметной области. При этом вся остальная часть предметной области является как бы фоном. О-радикал реализует выбор "объект-фон", "отношение-фон", позволяет неоднократно повторять аналогичные процессы в обычном, ускоренном, замедленном, обратном времени или в стоп-кадр. Тем самым О-радикал обеспечивает условия для внутренних исследований, т.е. получения данных и знаний в режиме самообучения. О-радикал может быть реализован на аналоговых устройствах или нейронных сетях и т.д. как режим некоторого (своего) динамического семейства состояний, рис. 1.

Будем изображать О-радикалы сетью Петри [1]. Нагрузками позиции будут опорные множества объектов (опорные понятия), переходов — опорные операторы (отношения) между объектами. Ненулевая разметка сети конкретизирует объекты, при этом маркеры окрашиваются математическими моделями объектов. Смена разметки (функционирование сети) моделирует режим динамического семейства состояний, т.е. аналог некоторого процесса в предметной области.

С точки зрения лингвистики О-радикал соответствует образу и информации в форме связной семантической сети понятий. Отношение между понятиями может быть любым: целое — часть, причина — следствие, глагольное — существительное и т.д. С точки зрения математики О-радикал соответствует категории, в которой объектам соответствуют опорные множества вместе с математическими структурами, а морфизмам — опорные операторы.

У-радикал является предметно ориентированной распределенной базой данных и знаний в форме сети из накопителей и преобразователей данных. Накопитель — это локальная база данных (ЛБД), преобразователь — локальная база знаний (ЛБЗ), рис. 1.

Будем изображать У-радикал ультрасетью, т.е. специальным расширением сети Петри [1,2]. Два вида разметок такой сети описывают процессы распространения в У-радикале запросов и ответов на эти запросы. Вершины ультрасети нагружаются математическими моделями. Модель накопителя (ЛБД) является ультрамножеством, обобщающим реляционную модель базы данных. Моделью преобразователя (ЛБЗ) является универсальный оператор, обобщающий продукционную модель базы знаний.

**Определение 1.** Ультрамножеством над множеством  $X$  называется некоторое произведение

$$[ULTR - X] = P \times L \times X,$$

где  $X$  — опорное множество объектов,  $L$  — булева решетка powerset, отождествляемых с соответствующими подмножествами  $X$  или свойствами объектов. Максимальный элемент  $l = X$  является самым общим понятием. Минимальный элемент  $l = 0$  является пустым понятием.  $P$  — гейтинг-решетка достоверностей, характеризующая источники сведений об объектах. Максимальный элемент  $p = 1$  понимается как "истина". Минимальный элемент  $p = 0$  понимается как "ложь" [1].

Элемент  $(p)l(x)$  из  $[ULTR - X]$  понимается как сведение "Объект  $x$

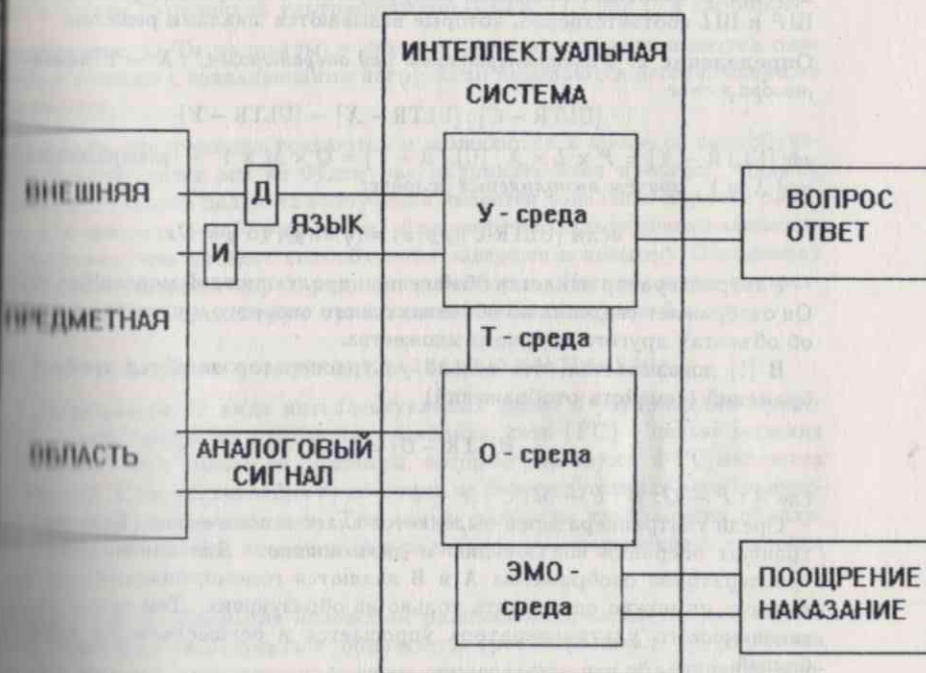


РИС.1. Интеллектуальная система типа УЛЬТРАМЕДИА.



обладает свойством  $l$  из  $L$  с достоверностью  $p$  из  $P$ ". Ультрамножество является обобщением реляционной модели баз данных.

На ультрамножестве вводятся две бинарные операции: конъюнкция и дизъюнкция сведений и две унарные — два вида отрицания сведения. По этому ультрамножество становится алгеброй и в нем можно выделить тему образующих, базисных сведений, через которые выражаются другие. В базисных сведениях используются образующие решетки  $P$ ,  $ШP$  и  $ШL$  соответственно, которые называются шкалами решеток.

**Определение 2.** Ультраоператором над оператором  $C: X \rightarrow Y$  называется отображение

$$[ULTR - C]: [ULTR - X] \rightarrow [ULTR - Y]$$

где  $[ULTR - X] = P \times L \times X$ ,  $[ULTR - Y] = Q \times M \times Y$  — ультрамножество над  $X$  и  $Y$ , причем выполняется условие:

$$\text{если } [ULTR - C](p)l(x) = (q)m(y), \text{ то } y = Cx.$$

Ультраоператор является обобщением продукционной модели баз данных. Он отображает сведения об объектах одного опорного множества в сведения об объектах другого опорного множества.

В [1] доказывается, что всякий ультраоператор задается тройкой отображений (семейств отображений)

$$[ULTR - C] = \{A; B; C\}$$

где  $A: P \rightarrow Q$ ;  $B: L \rightarrow M$ ;  $C: X \rightarrow Y$ .

Среди ультраоператоров выделяется класс канонических [1], которые хранят операции конъюнкцию и дизъюнкцию. Для канонических ультраоператоров отображения  $A$  и  $B$  являются гомоморфизмами решеток, поэтому их можно определить только на образующих. Тем самым канонического ультраоператора упрощается и осуществляется ядром близкий.

A	$ШP \rightarrow Q$
B	$ШL \rightarrow M$
C	$X \rightarrow Y$

**T-радикал** является датчиком или исполнителем, т.е. устройством, которое по аналогу объекта предметной области получает сведения об объекте или, наоборот, по сведению об объекте вызывает аналог объекта, рис. 1.

Будем изображать T-радикал в форме ультрасети. В простейшем случае сетевая модель T-радикала имеет две позиции и один переход. Нагрузкой одной позиции T-радикала является опорное множество, другая позиция ультрамножество над этим опорным множеством. Нагрузкой перехода T-радикала является сингулярный ультраоператор [1]. Для датчика опорное множество — это входная позиция, а ультрамножество — выходная позиция. Для исполнителя наоборот.

**Определение 3.** O-радикал и Y-радикал называются парными, если их базисные модели можно поставить в соответствие так, что каждой позиции O-радикала и дуге сети O-радикала соответствует позиция, переход дуга сети Y-радикала и наоборот. При этом, если нагрузка позиции сети O-радикала является опорное множество  $X$ , то нагрузка соответствующей позиции сети Y-радикала является ультрамножество  $[ULTR - X]$  над  $X$  и наоборот. Если нагрузка перехода сети O-радикала опорный оператор  $C$ , то нагрузка соответствующего перехода сети Y-радикала ультраоператор  $[ULTR - C]$  над  $C$  и наоборот.

**Определение 4.** Те радикалы, в сетевых моделях которых имеются одинаковые позиции с совпадающими нагрузками называются ассоциативными радикалами.

Радикалы ультрамедиа создаются и изменяются в процессе самообучения. В этой статье мы не будем рассматривать этот процесс. Скажем только, что главной целью самообучения является появление парного радикала для каждого O- и Y-радикалов. Для удобства дальнейшего изложения предположим, что процесс самообучения завершен и каждому O-радикалу соответствует парный ему Y-радикал и наоборот. Кстати, такое соответствие определяет предметную ориентацию Y-радикала, рис. 1.

## 2. Самоорганизация радикалов ультрамедиа

В зависимости от вида интеллектуальных задач в ультрамедиа происходит самоорганизация радикалов в рабочую сеть (РС) с целью решения задачи. Те и только те радикалы, которые участвуют в РС, являются активными. Самоорганизация происходит на базе допустимых алгебраических операций над радикалами. Тем самым радикалы ультрамедиа образуют сеть. Основные операции над радикалами — наложение и удаление радикалов.

**Определение 5.** Операция наложение радикалов определяется для любых радикалов, в результате образуется третий радикал. В терминах сетевых моделей радикалов наложение определяется как объединение множества позиций, переходов и дуг исходных моделей и отождествлением (склеиванием) тех вершин и дуг этих моделей, которые имеют одинаковые нагрузки (опорные множества, опорные операторы, ультрамножества, ультраоператоры). При склеивании опорных множеств и ультрамножеств их топологические структуры сохраняются. Например, линейное пространство в топологическое пространство над одним опорным множеством после наложения дают линейное топологическое пространство.

Из определения следует, что алгебра радикалов распадается на три независимых алгебры: алгебру O-радикалов, алгебру Y-радикалов и алгебру T-радикалов. В РС ультрамедиа широко используются смешанные радикалы, полученные наложением радикалов разных типов.

**Определение 6.** Часть РС, которая состоит только из O-радикалов называется опорной сетью (ОС). Часть РС, которая состоит только из Y-ра-



дикалов называется ультрасетью (УС). Взаимодействие ОС и УС в осуществляют Т-радикалы.

Принципы самоорганизации ультрамедиа в рабочую сеть следующие:

1. Все радикалы, составляющие РС, являются активными и попарно ложными.
2. Если РС имеет ненулевую разметку, то РС функционирует согласно формализму опорной сети и ультрасети [1, 2] от начальной разметки до полной остановки.
3. Если РС остановилась и на все начальные запросы получены ответы, т.е. в УС нет нулевой разметки запросов, то РС распадается на отдельные радикалы и ультрамедиа переходит в пассивное состояние.
4. Если РС остановилась и УС имеет ненулевую разметку запросов для любого У-радикала в РС появляется парный ему О-радикал (если такого нет в РС), и возобновляется выполнение принципов самоорганизации, начиная с 1-го.
5. Если РС остановилась и в ней есть О-радикал, то в РС появляется парный ему У-радикал (если такого нет в РС), и возобновляется выполнение принципов самоорганизации, начиная с 1-го.
6. Если РС остановилась и УС имеет ненулевую разметку запросов, то РС наращивается ассоциативным У-радикалом или Т-радикалом (из пассивных). Наращивание РС происходит со стороны только тех позиций УС, которые имеют ненулевую разметку запросов (возбужденные позиции) и состоит в активизации такого У-радикала или Т-радикала из пассивных, в сетевой модели которого имеется пассивная позиция с возбужденной позицией УС. После наращивания возобновляется выполнение принципов самоорганизации, начиная с 1-го.
7. Если РС остановилась, УС имеет ненулевую разметку запросов, ультрамедиа нет больше У-радикалов или Т-радикалов из пассивных, которые требуются для наращивания РС по принципу 6, то ультрамедиа переходит к самообучению. (Самообучение мы не рассматриваем в этой статье).

### 3. Возможности ультрамедиа

Ультрамедийные интеллектуальные системы отличаются между собой наборами О-радикалов, У-радикалов, Т-радикалов, нагрузками позиционных моделей этих радикалов (опорными множествами, опорными операторами, ультрамножествами, ультраоператорами), а также способами выбора ассоциативных радикалов в процессе самоорганизации ультрамедиа РС.

РС ультрамедиа формируется, настраиваясь на свою интеллектуальную задачу. Рассмотрим три варианта самоорганизации РС в зависимости от того, откуда начинается формирование РС из ОС, из УС или одновременно из ОС и УС.

**Вариант 1 (РС из ОС).** Дана конкретная предметная область. Требуется узнать все, что можно, обо всех объектах этой области. В этом случае самоорганизация РС начинается с построения ОС, соответствующей (аналогичной) данной предметной области. Далее, по пятому принципу самоорганизации радикалов появляются парные У-радикалы в РС, т.е. появляется УС. Так как требуется узнать все обо всех объектах предметной области, то в УС появляются начальные запросы в каждом накопителе и происходит так называемый прямой вывод следствий. Если возникают условия для применения шестого принципа самоорганизации, то УС расширится, а следовательно расширится и ОС по четвертому принципу самоорганизации. Запросы будут распространяться по всей УС. Так будет продолжаться до тех пор, пока во всех накопителях, в которых были начальные запросы, не появятся ответы. Тем самым будет решена поставленная интеллектуальная задача. После этого РС распадется и ультрамедиа перейдет в пассивное состояние в силу третьего принципа.

**Вариант 2 (РС из УС).** Дана конкретная распределенная база данных (информационная область). Требуется получить ответ на конкретный запрос к этой базе данных. В этом случае самоорганизация РС начинается с построения УС, соответствующей данной информационной области вместе с начальной разметкой. Согласно второму принципу, по УС пройдет процесс распространения запросов и ответов. Если этот процесс закончится, т.е. ответа на начальный запрос нет, то по четвертому принципу самоорганизации радикалов появляется парная ОС в РС. Далее, по шестому принципу самоорганизации происходит наращивание УС ассоциативными радикалами. Если появится ответ на начальный запрос, то будет решена поставленная интеллектуальная задача, распадется РС и ультрамедиа перейдет в пассивное состояние. Если ответа на начальный запрос не получено, то УС расширяется, т.е. она не может больше наращиваться и в ней не происходит процесса распространения запросов и ответов, то данная интеллектуальная система не может решить стоящей перед ней интеллектуальной задачи. В силу седьмого принципа интеллектуальная система перейдет к самообучению.

**Вариант 3 (РС из ОС и УС).** Дана конкретная предметная область и распределенная база данных. Требуется получить ответ на конкретный запрос к этой базе данных. В этом случае самоорганизация РС начинается с построения ОС и УС, соответствующих предметной области и информационной базе данных вместе с начальной разметкой запроса. Далее, по второму принципу самоорганизации по УС проходят процессы распространения запросов и ответов. Если нет ответа на исходный запрос, то по четвертому принципу появляются парные к УС О-радикалы, которые по пятому принципу накладываются на ОС. Затем, по пятому принципу появляются парные к ОС У-радикалы, которые по первому принципу накладываются на УС и в новой УС возобновляется распространение запросов и ответов. Если ответа на исходный запрос нет, то происходит наращивание

РС ассоциативными радикалами, согласно шестому принципу и т.д. Если ответа на начальный запрос не получено, РС зависла, т.е. она не может больше наращиваться и в ней не происходят процессы распространения запросов и ответов, то данная интеллектуальная система не может решив стоящей перед ней интеллектуальной задачи и в силу седьмого принципа перейдет к самообучению.

**Пример 1.** Перед ультрамедиа ставится интеллектуальная задача понимания повествовательного (описательного) предложения естественного языка. Всякое повествовательное предложение может быть представлено гипертекстом, которому соответствует ультрамногожественная модель, то есть конкретная ОС и УС с начальной ненулевой разметкой запросов в каждой позиции [2]. Ультрамедиа начинает организовывать свою РС из этих конкретных ОС и УС по варианту 3. В результате решения интеллектуальной задачи ультрамедиа дополнит данное повествовательное предложение всеми возможными логическими следствиями, т.е. по гипертексту получит так называемый ультратекст [2]. Это и есть понимание предложения.

**Пример 2.** Перед ультрамедиа ставится интеллектуальная задача ответа на вопросительное предложение естественного языка. Вопросительное предложение определяет конкретную ОС и УС вместе с ее начальной разметкой. Ультрамедиа начинает организовывать свою РС из этих конкретных ОС и УС. В результате решения интеллектуальной задачи ультрамедиа даст ответ на вопрос или перейдет к самообучению.

#### Вывод

Ультрамедиа в перспективе - это интеллектуальная система нового типа, добывающая данные и знания путем проведения оперативного эксперимента в своей аналоговой предметной области, понимающая тексты на естественном языке, ведущая активный интеллектуальный диалог с аналогичной темой или человеком. Семь принципов самоорганизации ультрамедиа являются уравнениями динамики такой системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чечкин А.В. Математическая информатика. — М.: Наука, 1991 г.
2. Чечкин А.В. Гипертекст и ультратекст. (Настоящий номер журнала).
3. Новосельцев С. Мультимедиа — синтез трех стихий // Computer press. — 1991. №№ 7, 8, 9.

## Динамическая типология параметрических систем

В. А. Сидорова, В. В. Александров

## Часть 2. Специальные вопросы теории интеллектуальных систем.