

# Исследование логических процессов путем компьютерного моделирования

А. С. Подколзин (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)

Работа посвящена изложению результатов компьютерного моделирования логических процессов в логической системе «Искра». Исследовались вопросы, связанные с обучением компьютерных решателей задач и автоматическим синтезом приемов.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, самообучение, логическая система, компьютерный решатель задач, автоматический синтез приемов.

Под словами «искусственный интеллект» обычно понимается моделирование в компьютере тех процессов рассуждений, которые свойственны человеку. По-видимому, при современном искусстве программирования, такой интеллект давно уже был бы создан, если бы имелось ясное представление от том, как происходят эти рассуждения. Однако, фактический прогресс в области искусственного интеллекта пока невелик, и ближайшие перспективы сомнительны. Несомненные успехи в области компьютерной обработки данных привели к появлению огромного количества прикладных программ, охватывающих почти все мыслимые области. Может возникнуть соблазн считать, что их многообразие и есть искусственный интеллект. Однако, каждая такая программа ориентирована на свой, достаточно узкий класс задач, и даже при небольшом изменении требований нуждается в ручной переделке. Компьютерный интеллект, который мог бы самостоятельно разрабатывать прикладные программы, должен был бы получить всестороннее фундаментальное образование и иметь определенные способности к саморазвитию. Он должен был бы уметь читать научную литературу и адаптировать прочитанное к решению задач. Он должен был бы не просто слепо применять жесткие алгоритмы, но уметь вырабатывать их в процессе рассуждений. Ничего похожего пока нет, и продолжение традиционной линии на ручную разработку прикладных программ никогда к этой цели не приблизит.

Впрочем, утверждение о наличии, пусть и не самообучающихся, эффективных прикладных программ «во всех мыслимых областях» является чрезмерно оптимистичным. В таких, например, важнейших областях, как понимание естественного языка и понимание изображений, пока приходится довольствоваться суррогатами. За неимением лучшего, во многих случаях они уже сейчас могут приносить ощутимую пользу. Вряд ли, однако, в будущем они смогут составить серьезную конкуренцию системе, вооруженной адекватной системой знаний об окружающем мире и способной использовать эти знания при анализе ситуаций.

Науки о рассуждениях, которая обеспечила бы существенное изменение к лучшему данного положения дел, пока нет, и на повестке дня стоит не столько вопрос о немедленном создании искусственного интеллекта, сколько вопрос о начале систематических исследований, которые могли бы составить фундамент этой науки.

Математическая логика, которая и создавалась как «наука о рассуждениях», на сегодняшний день не может претендовать на указанную роль, ибо она занималась не столько вопросами управления рассуждениями, сколько изучением общих свойств формальных логических систем. Попытки предложить принципы управления рассуждениями «из общих соображений», в отрыве от скрупулезного анализа реальных процессов решения задач, к созданию сколь-нибудь сильных решателей, к сожалению, не привели.

Вместе с тем, появление мощных компьютеров позволяет ставить вопрос о создании своего рода «компьютерного микроскопа» для изучения процессов рассуждений, реализуемых человеком.

Настоящая работа посвящена исследованию логических процессов, предпринятому с помощью компьютерной логической системы «Искра». Чтобы промоделировать в системе решение задачи человеком, оно разбивалось на атомарные шаги, и для каждого шага создавалась несложная программа, способная выполнять его в аналогичных ситуациях. Такие программы получили название приемов. Были проработаны многие предметные области, в первую очередь математические, и накоплена база приемов, имеющая более 40000 элементов. Фактически, она представляет собой огромную коллекцию «фотоснимков» с траекторий решения задач, взятых из задачников. В ряде областей база приемов оказалась способной функционировать как автоматический решатель задач, неплохо имитирующий действия человека. Но, что гораздо более важно, она стала исходным сырьем для анализа того, как базисные теоремы предметной области преобразуются в приемы, иными словами, для анализа

процесса самообучения «по книгам». Были предприняты стандартизация и оптимизация приемов, создана их классификация. Почти для каждого приема указан источник — некоторая базисная теорема предметной области. Изучена последовательность действий при переходе от теоремы к приему, и предложены предварительные версии алгоритмов, воспроизводящих такие действия. Среди данных алгоритмов имеются процедуры адаптации приемов к обучающим задачам. Результатом явился некоторый прототип «генератора приемов», позволяющий в простых случаях сразу получать вполне осмысленные приемы, в более сложных — приходиться к ним после автоматической доводки по задачику. Совсем сложные случаи дают хороший материал для продолжения исследований. Данный генератор приемов можно уподобить пирамиде, в основании которой лежит база приемов, вершиной служит множество базисных теорем, а промежуточные слои соответствуют этапам синтеза приема.

В целом, проделанная работа подтвердила эффективность использования компьютерной логической системы для изучения логических процессов и наметила пути создания интеллектуальной системы, способной быстро обучаться по традиционным источникам научно-технической информации.

Обучение логической системы «Искра» было предпринято для таких предметных областей, как алгебра множеств и комбинаторика, элементарная алгебра, элементарная геометрия, математический анализ, аналитическая геометрия, дифференциальные уравнения, комплексный анализ, теория вероятностей. Проработаны многие разделы линейной алгебры, общей алгебры, дискретной математики, интегральных уравнений, элементарных физики и химии. Рассматривались нематематические области: шахматы, понимание естественного языка, анализ рисунков. Сразу заметим, что главным образом изучались стандартные задачи вычислительного характера, хотя и для многих теоретических задач тоже создавались приемы, обеспечивающие их решение. В некоторых предметных областях (например, элементарная алгебра и геометрия) удалось добиться достаточно стабильного решения стандартных задач, в других — лишь предложены объяснения отдельных траекторий решения.

При сравнении с обычными системами компьютерной математики становятся очевидны преимущества предлагаемого подхода в тех случаях, когда логика начинает играть существенную роль. По существу, логическую систему «Искра» можно рассматривать как экспериментальную систему компьютерной математики нового типа, допускающую постепенное перерастание в интеллектуальную математическую систему.

Общее число приемов сейчас превышает 42000, число проработанных задач — свыше 10000. При этом, даже без архивации, система занимает всего около 120 Мб. Это означает, что стандартные размеры внешнего твердого диска в 1Тб позволяют увеличить объем решателя в 8000 раз, без существенного замедления его в тех областях, где обучение уже завершено.

Параллельно с продолжением исследований ведется работа над монографией «Компьютерное моделирование логических процессов», содержащей подробное техническое описание логической системы «Искра». К настоящему моменту опубликованы первые четыре тома этой монографии. В первом томе [1] описываются архитектура системы, а также языки ЛОС и ГЕНОЛОГ, на которых выполняется обучение. Во втором томе рассматриваются общелогические приемы, а также приемы, относящиеся к следующим разделам: алгебра множеств, простейшие свойства функций, мощности множеств и комбинаторика, числовые множества, элементарная алгебра, комбинаторные функции, многочлены. В третьем томе рассматриваются приемы решения задач по математическому анализу, дифференциальным уравнениям и элементарной геометрии. В четвертом томе монографии представлены приемы решателя по аналитической геометрии, линейной алгебре, общей алгебре, комплексному анализу, теории вероятностей, интегральным уравнениям, метрическим пространствам, конечнозначным логикам и теории графов. Кроме того, рассмотрена реализация на ГЕНОЛОГе традиционных нелогических вычислений.

Предполагается написание еще двух томов монографии. Пятый том будет посвящен рассмотрению приемов решения задач по элементарной физике, элементарной химии, а также приемам, возникшим в таких областях, как понимание естественного языка, шахматы и анализ рисунков. Наконец, в шестом томе монографии предполагается описать архитектуру генератора приемов и его основные блоки.

Первые четыре тома, статья «О самообучении интеллектуальной системы», в которой приводится схематическое описание генератора приемов, а также программа самой логической системы выложены на сайте кафедры МАТИС механико-математического факультета МГУ. Они доступны всем заинтересованным лицам.

Автор выражает искреннюю благодарность В. Б. Кудрявцеву, поддержка которого сделала возможным проведение данного исследования.

## Список литературы

- [1] Подколзин А. С. Компьютерное моделирование логических процессов. Том 1. Архитектура и языки решателя задач. — М.: Физматлит, 2008.
- [2] Подколзин А. С. Компьютерное моделирование логических процессов. Том 2. Опыт обучения компьютерного решателя задач: логические приемы, алгебра множеств, комбинаторика и элементарная алгебра. — М.: МГУ, 2015. — Деп. в ВИНТИ РАН 09.11.2015, № 184–В2015.
- [3] Подколзин А. С. Компьютерное моделирование логических процессов. Том 3. Опыт обучения компьютерного решателя задач: математический анализ, дифференциальные уравнения и элементарная геометрия. — М.: МГУ, 2015. — Деп. в ВИНТИ РАН 09.11.2015, № 185–В2015.
- [4] Подколзин А. С. Компьютерное моделирование логических процессов. Том 4. Опыт обучения компьютерного решателя задач: аналитическая геометрия, линейная алгебра, теория вероятностей, комплексный анализ и другие разделы. — М.: МГУ, 2016. — Книга выложена на сайте кафедры МАТИС.
- [5] Подколзин А. С. О самообучении интеллектуальной системы // Интеллектуальные системы. — 2014. — Т. 18, вып. 2. — С. 197–266.