

## Технический интеллект

В.В. Величенко

Обсуждаются проблемы, связанные с выполнением техническими системами интеллектуальной деятельности, до последнего времени находившейся в исключительной компетенции человека. Методы и средства для осуществления такой деятельности, требующей использования обширных профессиональных знаний, умения ориентироваться в сложной обстановке, принимать обоснованные решения и т.д., однако выполняемой не человеком, а технической системой, объединяются термином Технический интеллект.

Приводятся примеры существующих и проектируемых систем Технического интеллекта, в т.ч. выполняющих интеллектуальную деятельность, недоступную по своей сложности и объему человеку.

Вводится необходимая для обсуждения проблемы классификация уровней Интеллекта. Обсуждаются качественные уровни Интеллекта выбора и Интеллекта теории, и на этой основе проводится сравнение Естественного и Технического интеллектов.

Обсуждаются взаимоотношения Человека и Технического интеллекта. Показывается, что возникающий конфликт между человеком и умной машиной находит разрешение при переходе от принципа замещения Естественного интеллекта Техническим интеллектом к принципу вытеснения Естественного интеллекта Техническим на более высокие уровни. На этой основе делаются выводы о необходимости расширения сферы применения Технического интеллекта и ограничении использования человеческого труда в ответственных областях деятельности, таких, как управление ядерными станциями или воздушным движением.

"В ходе изложения прошу вас помнить, что мы говорим о настоящей, движущейся в полете птице, а не о той невнятной зарисовке, которую я могу вам представить ..."

К. Barth, швейцарский теолог.

Настоящая заметка представляет собой попытку разработчика сложных технических систем, ориентированных на выполнение тех интеллектуальных функций, которые еще вчера были исключительной прерогативой человека, осмыслить их принципиально новые свойства и хотя бы приблизительно наметить перспективы их развития. Интеллектуальные качества разрабатываемых уже сегодня систем, как правило, далеко превосходят закладываемые в них при проектировании требования, с каждым днем эти системы отбирают у человека целые пласты как его повседневной "человеческой"

деятельности, так и функции его контроля за сложнейшими и ответственнейшими процессами в гражданской и военной областях, и это обстоятельство требует внимательного изучения. Такое изучение представляет большой академический интерес, однако главным результатом его должна быть выработка новой точки зрения на проблемы автоматизации интеллектуальной человеческой деятельности. С одной стороны, оно может дать стимул к ограничению процессов автоматизации в ряде исключительно важных, особенно военных областей, а с другой стороны, должно помочь наметить круг считавшихся до последнего времени исключительно человеческими видов деятельности, которые попросту опасно оставлять в ведении человека и следует как можно скорее передать беспристрастным, способным к глубокому динамическому анализу и предсказанию на этой основе будущего, не знающим усталости и нервных срывов техническим системам.

### 1. Интеллектуальная деятельность. Виды интеллекта

Используемые в заметке термины не претендуют на декларативность и являются только рабочим инструментом для выражения представлений автора об обсуждаемом предмете. Вместе с тем они намеренно обостряют те аспекты проблемы, которые автор считает важными и для которых он не видит сегодня других наименований.

**Интеллектуальная деятельность.** Область знаний, связанная с разработкой интеллектуальных систем, является сегодня, по-видимому, наименее формализованной. В частности, многочисленные дискуссии<sup>1</sup> показали, что сегодня нет даже единого мнения о том, какие системы называть интеллектуальными, а какие — нет. Мы упростим поэтому проблему, положив в основу не определение "интеллектуальной системы", а определение "интеллектуальной деятельности".

Естественная точка зрения склоняется здесь, как правило, к тому, чтобы деятельность, которую может выполнять человек, и не может выполнить машина, называть интеллектуальной, а деятельность, которую можно целиком доверить машине, интеллектуальной не считать. Однако нужно признать, что человек, сам же выступая арбитром в затаенном им соревновании с машиной под названием "может ли машина мыслить", в качестве судьи ведет себя не беспристрастно, всякий раз сравнивая конкретный интеллект конкретной машины с интеллектом не какого-либо конкретного человека, а с интеллектом всего человечества в целом. Мы хотели бы ликвидировать это априорное неравноправие и, вместе с тем, продвинуться в понимании проблемы путем разведения человека и машины по разные стороны игровой площадки: признаем априорно принципиальное различие между человеком и машиной, и будем только объективно сравнивать эффективность и качество

<sup>1</sup>В т.ч. проходившие в рамках Международной конференции по интеллектуальным системам 1992 г. в Красновидово, стенограммой доклада на которой является настоящая заметка.

выполнения ими характерных видов одной и той же интеллектуальной деятельности.

**Естественный интеллект и Технический интеллект.** С целью конкретизировать указанное различие, будем отличать понятие "естественный интеллект человека", используя для него термин *Естественный интеллект*, от понятия "интеллект технической системы" (в общем случае — любой искусственной системы), который обозначим термином *Технический интеллект*.

При конструировании и изучении интеллектуальных систем обычным является подход, при котором они рассматриваются как человеко-машинные системы (характерным примером служат экспертные системы), и обычно ставится задача наиболее полно совместить функции человека и машины для решения конкретной прикладной задачи. Мы, напротив, стараемся максимально выделить в изучаемых системах чисто человеческую и чисто техническую компоненты. Это представляется необходимым для анализа и, кроме того, полезно при разработках конкретных интеллектуальных систем, когда приходится специально оценивать и изменять доли участвующих в них человеческого и технического факторов.

Теперь наша первая задача может быть конкретизирована следующим образом: рассмотреть характерные примеры человеческой деятельности и оценить эффективность ее выполнения средствами Естественного интеллекта и Технического интеллекта.

**Примеры интеллектуальной деятельности.** При обсуждении проблем интеллекта, как правило, рассматривают отдельные фрагменты интеллектуальной деятельности, например, такие, как "логический вывод", или "формирование знания" и т.д. Здесь, не ставя перед собой задачи анализа интеллектуальной деятельности на основе ее фрагментирования, и не располагая адекватным инструментом для подобного квантования сложной деятельности, будем рассматривать ее в целом.

Приведем несколько примеров человеческой деятельности, которую мы считаем интеллектуальной, поскольку она требует использования обширных, полученных в результате глубокого профессионального обучения знаний, умения ориентироваться в сложной обстановке, принимать обоснованные решения и т.д.

Рассматриваемые примеры облечем в форму неких модельных историй-сюжетов. Впрочем, после каждого сюжета мы просим читателя еще раз внимательно подумать, нет ли у него возражений против того, чтобы назвать показанную в нем деятельность в действительности интеллектуальной<sup>2</sup>.

*Сюжет 1. Шеф-пилот.* Пилот Боинга внезапно обнаруживает встречный

<sup>2</sup>При подготовке настоящей заметки к печати автор познакомился с острым сюжетом "переводчика с китайского" Джона Сирла (см. статью М. Уолдроп "Может ли компьютер думать" в журнале "Диалог-США", № 49, 1991 г.), использованным для критики интеллектуальности искусственных систем. Наши сюжеты, по-видимому, "интеллектуальнее", и мы приходим к противоположным выводам.



лайнера и в результате шока перед неизбежным столкновением теряет сознание. Придя в себя, он обнаруживает, что Боинг стоит на посадочной полосе, при этом у него помят фюзеляж, отсутствует часть крыла и один из четырех двигателей.

Оказалось, что один из находившихся в салоне пассажиров случайно увидел критическую ситуацию в открытую дверь кабины, бросился в кресло второго пилота (которое мы оставили свободным для поддержания сюжета) и в результате неких манипуляций с рулями управления спас самолет и пассажиров.

Спасшим Боинга пассажиром оказался случайно летевший этим рейсом знаменитый испытатель самолетов, применивший в те секунды, которые оставались до неизбежного столкновения, новые, не применявшиеся ранее пилотами гражданской авиации приемы управления. Они позволили ему минимизировать повреждения за счет такого разворота Боинга к моменту столкновения, что выступы его обводов оказались сориентированными в проемы самолета-препятствия. После катастрофы испытатель управлял Боингом с помощью приемов пилотирования аварийного самолета, отсутствовавших в штатных инструкциях для пилотов.

Является ли деятельность спасителя Боинга интеллектуальной?

**Сюжет 2. ЧП на атомной электростанции.** Молодой оператор АЭС не справился с управлением, и персонал станции, не заметивший этого вовремя, с ужасом понимает, что катастрофа неизбежна. В этот момент на станцию входит шеф-оператор Атомного ведомства, бросается к пульту и рядом нестандартных (отсутствующих в руководствах) приемов стабилизирует ее работу и спасает положение.

Оказалось, что шеф-оператор воспользовался распределенными моделями динамики процессов АЭС, недоступными персоналу станции.

Является ли деятельность шеф-оператора по спасению станции интеллектуальной?

**Сюжет 3. Забастовка авиадиспетчеров.** На третий день забастовки авиадиспетчеров к центрам управления полетами подъехали военные грузовики, военные выгрузили какое-то оборудование и приступили к работе вместо забастовщиков.

Левая пресса обвинила военных во вмешательстве в политику, правая указала на резкое снижение числа авиакатастроф, специалисты приступили к изучению новых нестандартных приемов развязки воздушных конфликтов, использованных военными, а авиафирмы зарегистрировали значительное снижение расхода топлива на их самолетах, связанное с использованием новым персоналом методов динамического программирования полетов, недоступных ранее штатному персоналу.

Является ли деятельность диспетчеров-штрейкбрехеров интеллектуальной?

**Сюжет 4. Консультация по механике.** Инженер-робототехник, получив задание изучить динамику нового робота, не справился с задачей состав-

ления уравнений движения и не обнаружил в своей фирме ни одного специалиста, который смог бы ему помочь. Направившись в командировку в столичный университет, он вернулся с пачкой из 450 листов, содержащих нужные ему уравнения.

Является ли деятельность научного сотрудника кафедры механики, который вывел указанные уравнения, интеллектуальной?

**Сверхрекордные возможности Технического интеллекта.** Для тех, кто разделяет нашу точку зрения на то, что деятельность, описанная в сюжетах 1-4, является интеллектуальной, мы теперь скажем, что все они являются в действительности моделями реальных событий, однако главными действующими лицами этих событий являются не люди, которых мы вставили в сюжеты, чтобы снять априорное психологическое неприятие, а автоматы: в сюжете 1 — автопилот для управления самолетом в катастрофических ситуациях, в сюжете 2 — автоматическая система управления АЭС, в сюжете 3 — система автоматического управления воздушным движением и, наконец, в сюжете 4 — автоматическая система для вывода и анализа уравнений движения механических систем большой сложности.

Системы 1 и 2 находятся сегодня в стадии разработки, фрагменты организации работы системы 3 приведены в настоящем журнале<sup>3</sup>, библиографию по системам 4, достигшим к сегодняшнему дню большой эффективности, можно найти в посвященной этой теме монографии<sup>4</sup>.

Вопросы о генезисе Технического интеллекта, о важнейшей роли в его возникновении и развитии его создателя-человека для нас важны, однако не влияют на сам факт признания за техническими системами права на интеллектуальную деятельность, раз уж мы условились сравнивать не переживания работников в процессе ее выполнения, а только результаты этой интеллектуальной деятельности человека и технических систем. На возникающие здесь вопросы следует отвечать, строго придерживаясь принципа равноправия. Например, на возражение о том, что конкретная техническая система выполняет некоторые интеллектуальные действия не сама, а только в соответствии с тем, чему ее научил человек, мы можем ответить, что конкретный живой человек, выполняющий конкретные интеллектуальные действия на своем рабочем месте, также выполняет их в соответствии с той программой действий, которая заложена в него профессиональным образованием или, в модельном рассмотрении, другим человеком — учителем. Человек, управляющий ответственной технической системой или технологическим процессом (пилот рейсового самолета, оператор АЭС или диспетчер ГВФ и т.д.) жестко заимитирован должностными инструкциями, а проявление им здесь "творчества" почти всегда ведет к аварии и всегда — к уголовной ответственности.

<sup>3</sup>Величенко В.В., Валуев А.М., Зуйков Ю.Г. Интеллектуальный алгоритм для выбора маршрута в перспективной системе управления. (См. настоящий выпуск.)

<sup>4</sup>Величенко В.В. Матрично-геометрические методы в механике с приложениями к задачам робототехники. — М.: Наука, 1988.



Теперь вернемся еще раз к сюжетам 1-4, где, соответственно, роли пилота, оператора АЭС, диспетчеров-штрейкбрехеров и научного сотрудника кафедры выполняют автоматы, и дополним сказанное там о том, что штатные работники не в состоянии выполнить указанные в этих сюжетах высокоэффективные действия, замечанием, что эти действия не в состоянии выполнить *никакие* работники-люди.

В примерах с сюжетами 1-4 это очевидно: никакой пилот не в состоянии ни рассчитать, ни произвести единственный спасающий самолет маневр в реальное время предшествующих катастрофе секунд. Точно также невозможно обучить летчика бесчисленному числу приемов пилотирования аварийных самолетов со всем множеством возможных повреждений.

Ни один оператор не в состоянии ни представить себе, ни, тем более, управлять процессами в АЭС, описываемыми дифференциальными уравнениями в частных производных: неисчислимо множество возникающих здесь режимов невозможно ни классифицировать, ни, тем более, записать в инструкции для операторов. Это доступно только полностью автоматической компьютерной системе управления, работающей с полномерной динамической моделью процессов АЭС.

Аналогично, анализ процедур управления воздушным движением приводит к выводу о том, что объем перерабатываемой информации и сложность задач превосходят здесь человеческие возможности, и адекватно с ними может справиться только автоматическая система.

Наконец, обычная для механика-теоретика работа по выводу и анализу дифференциальных уравнений движения при работе со сложными робототехническими и космическими конструкциями и задачами биомеханики оказывается недоступной человеку: аналитические выкладки требуют здесь в ряде случаев больше лет труда, чем продолжительность жизни человека, а окончательные уравнения должны были бы выписываться на листах бумаги размерами с городские районы. Техническая система же, в данном конкретном случае — ЭВМ, сегодня уверенно справляется с этой задачей, и человеку теперь уже нужно решать следующую по сложности проблему — как ему справиться с предоставляемым ему компьютером морем информации; естественно, что и здесь у него надежда только на Технический интеллект, соответствующие системы которого ему предстоит сконструировать самому, или поручить эту работу опять же системам Технического интеллекта.

## 2. ИНТЕЛЛЕКТ ТЕОРИИ. УРОВНИ ИНТЕЛЛЕКТА

Сейчас нам важно понять: являются ли указанные сверхрекордные свойства Технического интеллекта следствием чисто количественного превосходства технических характеристик инженерных систем над временными и объемными параметрами психики человека, или несут качественный характер? То есть, отличается ли Технический интеллект от Естественного интеллекта так же, как отличается шагающий экскаватор в руках человека-оператора от лопаты в руках того же человека, и, значит, следует ли сис-

темы Технического интеллекта рассматривать, как и механические машины, только в качестве орудий деятельности человека — теперь, конечно, интеллектуальной? Или здесь появляется некое новое качество — принципиально несводимое к возможностям миллионов землекопов, или научных работников (которых мы для чистоты эксперимента лишим возможности пользоваться техноинтеллектуальными средствами)?

Интеллект **верхнего уровня**. Ответ на этот вопрос содержит обе составляющие — и количественную, и качественную. Мы начнем со второй — качественной. При этом, затрагивая важные аспекты интеллектуальной деятельности человека и его интеллектуального инструментария, приходится еще раз сослаться на отсутствие разработанной теории интеллекта и вынужденную необходимость вести поэтому обсуждение интересующих нас вопросов на полуинтуитивном уровне. Прибегнем к помощи еще одной модельной истории-сюжета.

*Сюжет 5. Математическая теория оптимальных процессов.* Ученые Математического института некой планеты, столкнувшись с задачей оптимизации управляемых динамических процессов, описываемых системами дифференциальных уравнений, вида

$$dx/dt = f(x, u, t), \quad J[x(t), u(t)] = \max,$$

где  $x$  — фазовые координаты процесса,  $t$  — время,  $u(t)$  — свободные управляющие функции и  $J$  — оптимизируемый функционал, доказали теорему неразрешимости этой проблемы.

Доказательство гласило: поскольку множество допустимых функций управления  $u = u(t)$ , среди которых требуется *выбрать* то единственное управление, которое доставляет исследуемому функционалу задачи  $J$  искомого максимальное значение, *неисчислимо*, указанный *выбор не может быть проведен* в историческое время ни произвольным коллективом исследователей (даже если включить в него все население планеты), ни любым из существующих либо будущих компьютеров произвольно большой мощности (даже если объединить все компьютеры планеты в единую вычислительную сеть).

Пролетавшие поблизости на летающей тарелке инопланетяне, познакомившись с этой теоремой, оставили в подарок ученым свой компьютер, который на основе корректно введенных в него условий задачи, в считанные секунды решал любую из предлагавшихся ему задач оптимизации указанного типа. В техническом паспорте компьютера было сказано, что он пользуется "математической теорией оптимальных процессов".

Какими терминами должны ученые нашего Математического института обозначить деятельность инопланетного компьютера?

Объективный наблюдатель, очевидно, должен сделать вывод, что, поскольку в приведенной в этом сюжете теореме ошибок нет (это мы утверждаем уже объективно, вернувшись из сюжета-сказки в реальную жизнь),



несомненное достижение инопланетного компьютера в интеллектуальной деятельности нельзя назвать "сравнимым с человеческим", или "лучшим, чем человеческое" — оно попросту не имеет на этой планете никаких аналогов. Но еще важнее другое: на рассматриваемой планете нет даже предпосылок для появления в каком-либо будущем интеллекта такой невероятной мощности. Ведь прослеживая генезис ее интеллекта — от основанных на выборе между "хорошим" и "плохим" примитивных реакций до сколь угодно сложных моделей принятия решений (как в сюжете 5), так же каждый раз опирающихся, пусть на очень сложный, но тоже выбор, мы просто не найдем непрерывной линии развития, приводящей к интеллекту уровня инопланетного компьютера — *способного сделать выбор из неисчислимого множества вариантов.*

Обозначим интеллектуальную деятельность инопланетного компьютера каким-либо дежурным техническим термином, отражающим описанную ситуацию — например, термином *суперинтеллектуальная*, и попробуем разбраться в существе дела.

Математики Земли знают, что интеллектуальный инструмент, позволяющий решать задачи, которые мы в нашем сюжете отдали инопланетному компьютеру, на Земле существует — это знаменитая Математическая теория оптимальных процессов, над разработкой которой более 250 лет трудились их выдающиеся представители, и которая получила в своей сегодняшней форме название Принципа максимума Понтрягина. Значит, эта математическая теория — явление суперинтеллекта?

Стоит коротко описать механизм работы Принципа максимума, чтобы проиллюстрировать, как он справляется с "проблемой выбора". Сначала он сводит задачу сюжета 5 к так называемой краевой задаче, смысл которой состоит в переходе от неразрешимой задачи выбора в множестве функций  $u(t)$  к задаче выбора конечного числа параметров краевой задачи — т.е. делает невероятное с точки зрения "здорового смысла" сокращение мощности перебора (переход из функционального в конечномерное пространство), хотя все еще оставляет задачу неразрешимой методом перебора. На следующем шаге решения задачи Принцип максимума уничтожает свободу параметров краевой задачи (и, следовательно, полностью исключает перебор), подчиняя их конечному числу конкретных условий, допускающих в регулярных неэкзотических случаях единственное или конечное число решений.

**Интеллект выбора и Интеллект теории.** Приведенный пример указывает на необходимость введения в рассмотрение разных *мощностей*, или, как мы их назовем, *уровней интеллекта*. Отличительная качественная черта сюжета 5 — рассматриваемая в нем интеллектуальная деятельность основана не на *выборе*, а на результатах *теории*. Эти два качественно разных уровня интеллекта, основанные на указанных двух различных принципах, мы обозначаем терминами *Интеллект выбора* и *Интеллект теории*.

Указанное качественное различие объясняет сверхрекордные свойства Технического интеллекта в сюжетах 1-4: приведенные в них технические

интеллектуальные системы построены на основе теорий соответствующих предметных областей, которыми не владеют, или которыми не могут по тем или иным причинам воспользоваться операторы-люди. К более подробному рассмотрению соотношений между Естественным интеллектом и системами Технического интеллекта мы вернемся чуть позже, а сейчас рассмотрим еще один, высший уровень интеллекта.

### 3. ИНТЕЛЛЕКТ ТВОРЧЕСТВА. ВЕРХНИЕ УРОВНИ ИНТЕЛЛЕКТА. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТА

Введенный в предыдущем разделе термин *Интеллект теории* является, в свою очередь, сложным понятием, в котором мы для целей нашего анализа выделим два качественных уровня.

**Интеллект пользователя теории.** Интеллект теории может быть основой как Естественного интеллекта, так и систем Технического интеллекта, если они, как в сюжетах 1-5, основаны на использовании теории своей предметной области. Выделив уровень Интеллекта теории, основанный на *использовании завершенных разработанных теорий*, введем для него термин *Интеллект пользователя теории*.

**Интеллект генератора теории.** Но Естественный интеллект может не только пользоваться готовыми теориями, но и *создавать новые теории*. Этот, высший, творческий уровень интеллекта мы обозначим термином *Интеллект генератора теории*.

**Соотношения между видами и уровнями Интеллекта.** Для обсуждения взаимоотношений между Естественным интеллектом и системами Технического интеллекта, а также других интересующих нас вопросов, полезно построить рабочую классификацию Интеллекта. В основу этой классификации мы положим обсуждавшиеся выше уровни интеллекта; отнеся их к Естественному и Техническому интеллектам.

**Уровни Естественного интеллекта.** Представляется возможным непосредственно приступить к описанию и изучению уровней Естественного интеллекта левого столбца Таблицы. Уже сегодня можно очень многое понять в нижнем уровне, основанном на выборе, и многое понятно в верхних, основанных на теории. Понятна мощь теоретического мышления, освободившегося от инертной массы материального мира и получившего благодаря этому возможность бесконечно быстро перемещаться во времени и пространстве воображаемых миров, и многое другое.

Однако сейчас нас интересует сравнение Интеллектов разных уровней, и вывод, который приходится здесь сделать — в генезисе Интеллекта теории не удается сегодня указать непрерывной линии, соединяющей его с нижним уровнем Интеллекта выбора. Это качество несводимости интеллекта верхнего уровня к нижнему мы прокомментировали в сюжете 5. Аналогично, и в генезисе Интеллекта-генератора теории не удается проследить непрерывной линии развития, указывающей на его непосредственное происхождение из



Таблица интеллекта

Виды интеллекта →

↑  
Уровни  
интеллекта

|   |  |
|---|--|
| 1.1 Естественный интеллект<br>– генератор теории    | 2.1 Технический интеллект<br>– генератор теории    |
| 1.2 Естественный интеллект<br>– пользователь теории | 2.2 Технический интеллект<br>– пользователь теории |
| 1.3 Естественный интеллект<br>выбора                | 2.3 Технический интеллект<br>выбора                |

Интеллекта-пользователя теории. В качестве примера можно указать теорию дифференциального исчисления: ее можно изложить и обосновать с помощью введенных в ней исходных понятий, однако не представляется возможным вывести ее из фактов конечной математики, в которой отсутствуют фундаментальные понятия бесконечно малых.

**Сравнение эффективности Естественного и Технического интеллекта.** Таблица интеллекта сразу показывает, в каких позициях находятся Естественный и Технический интеллекты при их сравнении в традиционных неформализованных обсуждениях: на самом деле, как правило, сравнивают высший уровень Естественного интеллекта 1.1 с низшим уровнем Технического интеллекта 2.3 — с очевидными и отмеченными выше заключениями об их неэквивалентности. По-видимому, больше пользы можно извлечь из сравнения Технического и Естественного интеллекта равного уровня, т.е. по горизонтали Таблицы.

Сравнение эффективности (т.е. способности адекватно решать задачи заданного уровня сложности) для Естественного и Технического интеллектов двух нижних уровней показывает преимущество Технического интеллекта. Для Интеллектов выбора это демонстрируется известными примерами эффективности экспертных систем, заведомо превосходящих возможности человека-эксперта за счет аккумуляции знаний и использования недоступных человеку объемов памяти и быстродействия компьютера. Технический интеллект-пользователь теории также в процессе отработки может достичь

произвольно большой мощности в своей области знаний — его усовершенствование и пополнение его конкретными блоками теории, очевидно, зависит только от объема вложенного в его создание труда. Примеры превосходства Технического интеллекта этого уровня над Естественным приподнялись выше в сюжетах 1–4.

Сравнение эффективности Интеллектов последнего, высшего уровня в Таблице Интеллекта провести нельзя: Технического интеллекта-генератора теории сегодня еще не существует, и этот высший уровень Интеллекта пока что доступен только человеку. Таким образом, в Таблице интеллекта место для него еще не занято, а мы вписали его в соответствующую клетку для того, чтобы, обозначив его будущее место, определить пути подходов к его созданию.

#### 4. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Взаимоотношения Человека и Технического интеллекта.** Приведенные утверждения об эффективности Технического интеллекта и его превосходстве на одинаковых нижнем и среднем уровнях над Естественным интеллектом несколько не прижимают Человека и не должны вести к выводам о конфронтации между Человеком и Машинной. Проблема взаимоотношений Человека с Техническим интеллектом возникла и существует безотносительно к нашей попытке ее обозначить и проанализировать, и уже оказывает влияние на взаимоотношения человека с компьютером и на развитие крупных информационных и технических систем. Достаточно привести, например, директиву Международной организации гражданской авиации (ИКАО), не рекомендующую использовать в течение ближайших 25 лет системы управления воздушным движением, исключая участие человека.

Из приведенного нами предварительного анализа следует не требование вытеснения Человека Машинной, а *Принцип вытеснения Техническим интеллектом Естественного интеллекта на верхние уровни*. Освобождая человека от огромного объема рутинной интеллектуальной работы, Технический интеллект дает возможность Человеку с высшей эффективностью использовать свои верхние уровни интеллекта. Отсюда следует необходимость пересмотреть отношение к использованию систем Технического интеллекта, в особенности в сложных современных системах управления ответственными объектами. В частности, необходим переход к полностью автоматической системе оперативного управления воздушным движением, и, точно так же, необходимо полностью отказаться от всех элементов ручного управления атомными станциями и установками. Здесь психологические возможности человека-оператора и груз возлагаемой на него ответственности пришли в практически непримиримое противоречие со сложностью обслуживаемых им систем. Неспособность человека справиться с оперативным управлением объектами такого уровня сложности трагически убедительно продемонстрировала Чернобыльская катастрофа и практически ежедневно демонстрируют авиационные катастрофы (вопреки рекомендациям ИКАО).



Дело человека — не изматывающее дежурство за пультом, а творческая работа по созданию высоконадежных умных автоматических систем и надзор за качеством их работы.

**Прикладные и теоретические проблемы.** Таблица интеллекта позволяет увидеть некоторые задачи, решение которых помогло бы продвинуться в формировании теории и создании технических средств Искусственного интеллекта.

Важное прикладное значение имеет проблема создания систем нижнего уровня — Технического интеллекта выбора, основными в которой являются сегодня задачи построения экспертных систем.

Вместе с тем Таблица показывает, что еще более важной является новая для сегодняшнего дня проблема создания систем следующего уровня — Технического интеллекта-пользователя теории, способных решать практически неограниченный круг прикладных интеллектуальных задач, в том числе далеко превосходящих возможности человека.

Необходимо особенно подчеркнуть важность разработки этой проблемы, именно Теория (т.е. совокупность конкретных теорий отраслей знания), а не отдельные эксперты, или коллективы является носителем Интеллекта Человечества, приобретенного им в результате работы поколений прославленных и безвестных исследователей. Однако сегодня в результате эгоистической работы объем знаний и сложность Теории настолько возросли, что человек только на их изучение вынужден тратить большую часть своей жизни, и все же практически не в состоянии полностью осознать и удержать в памяти все блоки даже одной предметной области. Поэтому оказывается невозможным использовать в полной мере накопленный интеллектуальный потенциал для решения технических и этических проблем цивилизации. Технический интеллект-пользователь теории должен создать в этой ситуации принципиально новые возможности для аккумуляции, систематизации и практического использования Интеллекта Человечества.

В теории Естественного интеллекта представляется важной задача поднятия по левому столбцу Таблицы интеллекта, т.е. проблема формирования представлений о развитии Естественного интеллекта-генератора теории и Интеллектов нижнего уровня (если она в принципе разрешима). В теории Искусственного интеллекта симметричной и также наиболее трудной является проблема разработки принципов создания Технического интеллекта-генератора теории. Таблица Интеллекта показывает возможные пути его создания. К нему можно прийти по горизонтали, т.е. моделируя и реализуя в технических системах принципы Естественного интеллекта-генератора теории. Другой путь — подъем по правому столбцу Таблицы, отправляясь от Технического интеллекта-пользователя теории (если он возможен).

При разработке проблем Естественного интеллекта должны найти свое место концепции З. Фрейда о Сознательном и Бессознательном в психике человека. Вместе с тем, системы Технического интеллекта с четким разграничением внешней логико-информационной и внутренней кодированной вычислительной функции, с блоками оперативной долговременной памяти

замами данных и знаний и т.д. предоставляют возможности экспериментирования с идеями Фрейда в технических моделирующих устройствах. Во всяком случае, представляется очевидным, что адекватная разработка проблем Интеллекта невозможна без интеграции методов точных наук с методами психологии.

Обе указанные задачи представляются невероятно трудными, и при обдумывании путей их решения нельзя исключить и альтернативу невозможности объяснить происхождение Естественного интеллекта средствами рациональной науки (во всяком случае, в ее сегодняшнем объеме), что делает оправданным одновременный поиск доказательства обратной "теоремы неопределенности". Ступеньками к этому общетеоретическому барьеру могли бы послужить попытки конструирования конкретных систем Технического интеллекта-генератора теории.

**Расширение классификации.** Мы рассмотрели только фрагмент классификации Интеллекта. Полезно выделить и изучить также другие виды Интеллекта, например, Гуманитарный интеллект (связанный с интеллектуальной деятельностью и ее моделированием в области Литературы, Права, Философии, Искусства) и Иррациональный интеллект (описывающий интеллектуальную деятельность в религиозной и мистической областях). Представляется, что в Таблицу интеллекта они могли бы войти в качестве самостоятельных столбцов со своими градациями уровней, которые, конечно, должны определить специалисты в этих областях.

Проблема изучения Иррационального интеллекта заслуживает большого внимания в связи с тем огромным влиянием, которое оказали на развитие рациональной науки его методы<sup>5</sup> и формы<sup>6</sup>, и в связи с исключительной эффективностью при достижении им своих целей<sup>7</sup>. Расширение классификации Интеллекта блоками Иррационального интеллекта и их изучение необходимо еще и потому, что объяснение самого феномена Интеллекта человека может оказаться возможным только с помощью представлений, выходящих за сегодняшние границы рациональной науки (и которые, естественно, будут включены в нее, если их все же удастся получить).

Обсуждаемые столбцы-виды интеллекта можно мыслить пристраиваемыми к Таблице интеллекта слева. Правую границу Таблицы интеллекта так же следует оставить открытой. Сегодня системы Технического интеллекта конструируются из технических и компьютерных блоков. Завтра они, возможно, будут заменены высокоорганизованными мыслящими средами, создаваемыми на технической, химической или биологической основе и ис-

<sup>5</sup> Например, такие принципиальные, как выход из узкой щели естественных органов чувств на просторы формально-абстрактных представлений (конструирование новых абстракций представителями иррационального интеллекта продолжается и в новое время см., напр., Флоренский П. Мнимости в геометрии. — М.: 1922), или такие, как ориентирование на пути интеллектуальных построений необъяснимых явлений (чем воспользовался, например, И. Ньютон — математик, механик, физик и богослов, переступив в своей механике порог объяснения происхождения сил тяготения).

<sup>6</sup> Например, академические ритуалы.

<sup>7</sup> Демонстрируемой, например, гиперустойчивостью Мировых религий.



пользующими другие, не вычислительные, а, например, ассоциативные и образные интеллектуальные механизмы, более отвечающие специфике Человеческого мышления, и для которых название Технический интеллект окажется неоправданно упрощающим.

Целесообразно также попытаться расширить Таблицу интеллекта введением в нее новых уровней интеллекта. В частности, целесообразно в классификации Естественного интеллекта выделить уровни *Интеллекта человека*, *Интеллекта коллектива*, *Интеллекта общества* и *Интеллекта Человечества*, имеющие, очевидно, возрастающие мощности, и рассмотреть их взаимоотношения с соответствующими уровнями Технического интеллекта. Доработка Таблицы нижними уровнями может позволить включить в нее интеллект животных. Последний вопрос, который здесь можно поставить — это возможность построения уровней Интеллекта, лежащих выше уровня Интеллекта-генератора теории для Естественного и Технического интеллекта. А если быть последовательным, этот вопрос нужно рассмотреть и для других столбцов-видов Интеллекта — Гуманитарного и Иррационального. Содержание, которое они могут нести, выходит за границы обсуждаемой темы.

Автор вполне отдаст себе отчет в ограниченности своей попытки отступить от конкретно-технических к общим вопросам обсуждаемой темы ввиду вероятной сложности, и поэтому хочет закончить эту заметку возвращением к ее эпиграфу. Вопросы, во всяком случае, мы должны себе задавать. К этому нас обязывает не только утилитарное требование развития современных технологий, но и жгучая загадка самого феномена Интеллекта Человека. Элементарный квант этого феномена — конкретный интеллект конкретного человека, вызывающе-явно присутствующий буквально в каждом из нас, является самым дразнящим вызовом, брошенным нам Природой.

## Интеллектуальная система планирования производства

В.А. Геловани, К.Г. Перфильев

В работе описываются концептуальные основы, принципы функционирования и особенности реализации конкретной системы решения задач планирования производства во времени, основанной на сочетании методов искусственного интеллекта и имитационного моделирования.

### 1. МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ ПЛАНИРОВАНИЯ

За последние десять лет в литературе появилось множество публикаций, посвященных вопросам использования методов искусственного интеллекта при решении задач планирования. Одна из причин этого явления заключается в том, что традиционные подходы к решению задач планирования, основанные на использовании методов исследования операций и, в частности, различных методов оптимизации, не позволяют вообще или позволяют с учетом существенной потери в эффективности решить некоторые специальные классы задач. К таким задачам прежде всего следует отнести переносные задачи, возникающие при решении проблемы назначения операций на выполняющим элементам производственной системы, например, для построения плана работы цеха.

Другой важной предпосылкой широкого внедрения методов искусственного интеллекта в планирование является весь накопленный практический опыт решения таких задач специалистами, выраженный в форме более чем десяти эмпирических правил построения плана, применяемых в различных комбинациях для достижения желаемых критериев производства [1].

Здесь уместно отметить, что первые попытки систематического применения эвристических методов автоматического поиска решения к задачам планирования операций во времени были предприняты несколько раньше и были связаны с решением диспетчерских задач управления сеансами радиосвязи и полетами самолетов. Однако разработанные в то время методы решения в большинстве своем не получили непосредственного развития в теории решения задач планирования промышленного производства, хотя между этими классами задач можно найти много общего.

Уже первые работы в области искусственного интеллекта по использованию эвристических процедур поиска решений показали практическую пригодность такого подхода [2]. Однако в этих работах, как правило, использовались типичные, наиболее изученные способы представления знаний о