

ТЕХНОЛОГИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Б.Б. Славин

Представлен обзор литературы по технологиям коллективного интеллекта. Показано, что они существенно отличаются от краудсорсинговых технологий и могут быть рассмотрены как сорсинг эпохи знаний. Предложено описание атрибутов коллективного интеллекта, которые могут применяться для проектирования экспертных сетей и систем управления знаниями на предприятиях. Кратко описаны методы моделирования и измерения коллективного интеллекта. Показана необходимость развития теории и практики технологий коллективного интеллекта.

Ключевые слова: коллективный интеллект, краудсорсинг, коэффициент интеллектуальности, экспертные сети, социальные сети.

ВВЕДЕНИЕ

Понятие коллективного интеллекта в научной литературе стало использоваться с конца XIX в. и связано с исследованиями французских социологов того времени. В работе «О разделении общественного труда» [1] в 1893 г. Э. Дюркгейм писал о двух видах солидарности человека и общества, связанных в первом случае с общими идеями и законами поведения, а во втором — с разделением труда. К пониманию коллективного интеллекта как новой формы организации общества можно отнести и понятие ноосферы В.И. Вернадского [2]. Знаменитый фантаст Г. Уэллс в своих публицистических лекциях, изданных под названием «Всемирный мозг», в конце 1930-х гг. также говорил о важности коллективной интеллектуальной деятельности: «Думаю, что мы пока еще уделяем недостаточно внимания более тесного объединения организаций, занимающихся интеллектуальной деятельностью. Идеи объединения человечества зависят, в конечном счете, от возможности реализации единой умственной работы» [3].

Уэллс фактически предвосхитил проект Википедии, который стал возможен благодаря сетевым возможностям глобальных коммуникаций. Глобальная сеть Интернет перевела вопросы коллективного интеллекта в утилитарное русло. Ф. Хейлиген пишет: «Гораздо важнее поддерживать самоорганизацию в сети информационных потоков и таким образом содействовать повышению коллективного разума, чтобы его интеллектуальные

возможности, как это положено, были больше, чем сумма сознаний пользователей Интернета» [4, с. 92]. Подчас, говоря о понятиях коллективного интеллекта или коллективного разума, многие исследователи подразумевают исключительно существующие глобальные сетевые проекты (см., например, обзорную статью [5]).

Известный футуролог, соучредитель и директор проекта «The Millenium Project», Дж. Гленн, заявивший в 2009 г., что коллективный интеллект станет следующей эпохой для информационных технологий, считает, что системы коллективного интеллекта (CIS) должны состоять из трех элементов: экспертов, программного и аппаратного обеспечения и из данных, информации и знания. В своей работе [6] он пишет: «Можно считать проект Wikipedia, Google, краудсорсинг, сервисы усредненных экспертных оценок, модели интеллектуального роя, а также инструменты predict markets примерами систем коллективного интеллекта, но они не являются примерами CIS по определению, предложенному в этой статье. Они производят информацию и в некоторых случаях групповые решения, но они не включают в полной мере и на систематической основе обратную связь всех трех элементов, не могут обеспечить непрерывного появления новых идей. Они не воспроизводят постоянно интеллект, только на короткое время, тогда как CIS, как и интеллект человека, постоянно возникает и меняется в процессе деятельности, приобретения опыта и влияния окружающей среды».

1. ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ И КОЛЛЕКТИВНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Безусловно, интерес к технологиям коллективного интеллекта существенно вырос с появлением коллективных веб-сервисов и таких проектов как Википедия, социальные сети. Успех Википедии заключается не только в возможности привлечения большого числа энтузиастов, но и в четкой модерации контента. Исследования, проведенные американскими учеными из Университета Карнеги — Меллон [7], показали, что эффективность создания сложного контента в Википедии возрастает с повышением компетенций редакторов, осуществляющих модерацию записей, что можно использовать для организации и других глобальных сетевых сообществ.

Японские исследователи К. Зетцу и Я. Кийоки сформулировали концепцию развития систем управления знаниями на основе применения технологий коллективного интеллекта в Интернете [8]. Они предложили рассматривать всемирную сеть как инструмент объединения интеллектуальных способностей людей через сетевые базы знаний и социальные сообщества. Информационные технологии (ИТ) и сетевые социальные сообщества можно считать своего рода инфраструктурой коллективного интеллекта. В работе японско-китайской группы ученых [9] особо отмечается «важность информационно-коммуникационных технологий в формировании коллективного интеллекта» ([9], с. 217), и авторы вводят даже понятие «супер-сети знаний», состоящей из трех компонент: медиасети, сети пользователей и сети знаний, а также понятие «knowage», знания, находящегося в вычислительных ресурсах (hardware и software).

Учитывая особую роль ИТ-коммуникаций, технологии коллективного интеллекта можно определить как сетевые информационные системы, позволяющие людям эффективно и без ограничений на расстояние организовывать совместную интеллектуальную деятельность. Надо отметить, что технологии коллективного интеллекта являются одним из важных инструментов управления неявными знаниями, которые еще требуют исследований и внедрений в практику. В 2006 г. при Массачусетском технологическом институте был создан Центр исследований коллективного интеллекта (MIT Center for Collective Intelligence — CCI), в задачу которого входит исследование технологий коллективного разума и возможностей использования их на практике в различных областях бизнеса и общества. По мнению организаторов Центра «коллективный интеллект» может быть использован и как инструмент повышения организационной эффективности и производительности фирм, и как технология работы в команде,

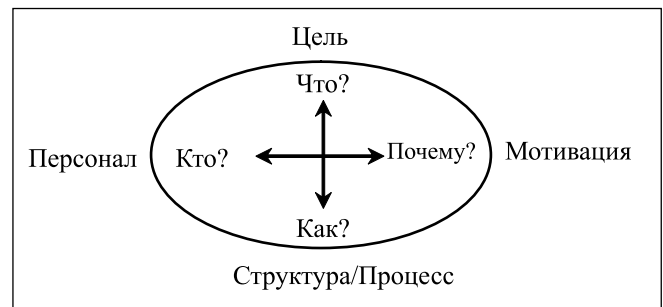


Рис. 1. Элементы строительных блоков или «генов» коллективного интеллекта [10]

и как методология в менеджменте. Исследование коллективного разума предполагает изучение вопросов создания глобальных вычислительных зна- ниевых ресурсов для организации сверхчеловеческого интеллекта, изучение возможностей человеческого мозга и новых способов организации коллективной деятельности, изучение возможностей комбинирования искусственного интеллекта и интеллекта человека.

На основе исследования большого числа практических примеров использования технологий коллективного интеллекта в 2009 г. Т. Малоун (директор MIT CCI) с коллегами попытались выявить «геном коллективного разума» [10, 11]. В своей работе «Укрощение толпы: выявление генома коллективного интеллекта» они дали достаточно широкое определение коллективного интеллекта как организации интеллектуальной деятельности групп людей [10, с. 2] и предложили классифицировать элементы, из которых складывается геном по четырем категориям: Кто выполняет задачу? Почему он это делают? Что свершается? Как делается? (рис. 1).

Два «гена» отвечают на вопрос «Кто?»: «Иерархия» и «Сообщество» (crowd). Ген «Иерархия» подразумевает наличие организационной структуры в принятии решений при коллективной работе. Например, несмотря на демократичный принцип разработки свободного программного обеспечения, решения о включении новых модулей в релиз Линукса принимаются Л. Торвальдсом и его помощниками («лейтенантами»). Ген «Сообщество», напротив, предполагает свободное участие людей в реализации проекта, использующего коллективные технологии, свободный «вход» и «выход». «Гены», отвечающие на вопрос «Почему?», — это: «Деньги», «Любовь» и «Слава», обозначающие основные мотивы людей, участвовать в работе сетевых сообществ. На вопрос «Что?» отвечают «гены» «Создаем» и «Решаем», и на вопрос «Как?»: «гены» с названием «Индивидуально» и «Коллективно».

Анализ «генома» проекта создания Линукса [10]

Пример	Что?	Кто?	Почему?	Как?	
Линукс	Создаем Решаем	Новые программные модули Какой из модулей включать в релиз?	Сообщество Л. Торвальдс и «лейтенанты»	Деньги, Любовь, Слава Любовь, Слава	Коллегиально Индивидуально (по иерархии)

В табл. 1 представлен пример «генома» проекта создания Линукса, собранного из перечисленных выше «генов». По аналогии с проектом Линукса авторы [10] строят «геномы» других сетевых проектов (Википедия, InnoCentive, Threadless и др.), анализируя их особенности, разнообразные схемы принятия решений (консенсус, метод средней точки и др.) и типы коллегиальной работы (собрание, конкурс, сотрудничество и т. п.). Однако, несмотря на оригинальный прием анализа глобальных сетевых проектов, основанный на аналогии с геномом человека, предложенной классификацией «генов» трудно воспользоваться в качестве инструмента повышения эффективности или организации новых проектов, использующих технологии коллективного интеллекта. Немецкий ученый Дж. Леймстер, комментируя работу Малоуна и коллег, также пишет о необходимости изучения практического инструментария и разработки приложений технологий коллективного интеллекта с применением подходов инженерии бизнеса и информационных систем (BISE — Business and Information Systems Engineering) [12, с. 247], и такие работы уже появляются (см., например, [13]).

2. КРАУДСОРСИНГ ИЛИ ТЕХНОЛОГИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В научной литературе можно встретить точку зрения, согласно которой краудсорсинг (и его разновидности в виде технологий открытых инноваций и управления идеями) и технологии коллективного интеллекта мало различаются [14, 15]. Так, немецкие ученые в своей статье, посвященной коллективному интеллекту, заявляют, что «мы будем использовать термины «коллективный разум» и «краудсорсинг» взаимозаменяемо и в смысле «использования большой группы людей для решения конкретной проблемы или сбора полезных идей»» [14, с. 687]. Однако краудсорсинг является технологией информационного общества, инструментом самообслуживания людей, и было бы неправильно его приравнивать к системам управления знаниями и коллективным интеллектом.

Т. Грубер так писал о краудсорсинговых проектах: «я бы назвал нынешнее состояние социальной сети как собрание интеллекта. Я думаю, что преждевременно применять термин «коллективный интеллект» к таким системам, потому что они не формируют новых уровней мышления» [16, с. 4]. Говоря о технологиях коллективного интеллекта, необходимо в первую очередь рассматривать возможности увеличения интеллектуальных способностей групповой работы и только затем возможности информационной поддержки благодаря массовости пользователей. В этой связи более адекватным представляется определение систем, использующих технологии коллективного интеллекта как «систем, которые объединяют в группы необходимое число людей, имеющих собственные индивидуальные цели, но организованных таким образом, что общий интеллект и эффективность группы возрастает» [17, с. 219].

Особое значение в использовании технологий коллективного интеллекта имеет их соотношение с технологиями бизнес-анализа (business intelligence) и искусственного интеллекта. Как и в случае с краудсорсингом, некоторые исследователи также не делают различия между этими «интеллектуальными» технологиями. Так, автор книги «Коллективный интеллект в действии» [18] С. Алаг пишет о коллективном интеллекте как о технологии повышения интеллектуальных возможностей человека, включая сюда и коллективные технологии, и технологии интеллектуального анализа данных (Data Mining), и машинное обучение, и т. д., все, что имеет в названии слово интеллект. Впрочем, часто, особенно в публицистических выступлениях, встречается и противоположная точка зрения, что технологии искусственного интеллекта не дополняют, а заменяют интеллектуальные способности человека, создавая предпосылки для создания фантастического мира машин. Недостатки обеих точек зрения заключаются в различной трактовке слова «интеллект» (intelligence). Если же под интеллектом иметь в виду не инструментальный, а мышление, причем в его социальном значении, тогда технологии искусственного интеллекта следует понимать как технологии, помогающие че-

ловеку мыслить, избавляя его от рутинной логической деятельности, и как технологии, которые позволяют складывать интеллектуальные способности людей в единый, коллективный интеллект. Т. Грубер образно описал это сочетание технологий как «встречу социальной сети с семантической» [16].

Ограниченность краудсорсинговых технологий, которые предполагают необязательность участия, можно продемонстрировать на примере работы экспертной группы. Исследуемая экспертная группа состояла из 45 экспертов, которые готовили отчет о научно-исследовательской работе, и пользовалась в качестве инструмента коллаборации сетевым мессенджером «Telegram». На рис. 2 показан объем информации (в килобайтах), сгенерированный членами экспертной группы, обозначенные инициалами по оси ординат. Нетрудно видеть, что из 45 экспертов только половина экспертов участвовала в обсуждении, остальные довольствовались ролью слушателей. Более того, свыше 80 % всей информации было сгенерировано восемью экспертами, представляющими собой менее 20 % всего коллектива. Можно сказать, что в сообществах, построенных на технологиях краудсорсинга, работает правило Парето, предполагающее, что 80 % результата достигается благодаря использованию 20 % интеллектуальных ресурсов.

Но краудсорсинговые технологии приводят не только к неравномерности загрузки экспертов, но и к неравномерности в коммуникациях. На рис. 3 показано распределение объема информации, генерируемой экспертами в сетевом мессенджере в процессе упомянутой выше групповой работы. Нетрудно видеть, что обмен информацией между экспертами носит ярко выраженный неравномерный характер и скорее напоминает быстротечные обмены мнениями, иницируемые одним из экспертов. Понятно, что такое стратифицированное общение не соответствует реальной равномерной работе экспертов, и, следовательно, сетевые мессенджеры не могут быть эффективным инструментом организации коллективной интеллектуальной деятельности. Краудсорсинговые технологии позволяют объединить большое число людей и собрать наиболее адекватную информацию, но в части организации интеллектуальной деятельности они проигрывают даже обычным корпоративным информационным системам, которые добиваются эффективности в совместной работе путем использования бизнес-процессов.

Говоря о технологиях коллективного интеллекта, необходимо в первую очередь рассматривать возможности увеличения интеллектуальных способностей групповой работы, и только затем возможности информационной поддержки благода-



Рис. 2. Распределение объема информации по участникам экспертной группы в процессе интеллектуальной деятельности



Рис. 3. Распределение сгенерированного объема информации участниками экспертной группы по времени

ря массовости пользователей. В этой связи более адекватным представляется определение систем, использующих технологии коллективного интеллекта, как «систем, которые объединяют в группы необходимое число людей, имеющих собственные индивидуальные цели, но организованных таким образом, что общий интеллект и эффективность группы возрастают» [17], с. 219].

3. ТЕХНОЛОГИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ИНТЕЛЛЕКТА КАК ФОРМА СОРСИНГА ЭПОХИ ЗНАНИЙ

Чтобы разобраться, чем коллективный интеллект отличается от краудсорсинга и других технологий, удобно воспользоваться классификацией технологических эпох [19] (индустриальной, постиндустриальной, информационной и эпохи знаний), каждой из которых соответствует своя форма сорсинга (инсорсинг, аутсорсинг, краудсорсинг и коллективный интеллект), и ответить на те же вопросы, что задавались Малоуном и коллегами

при построении генома коллективного интеллекта: «Кто?», «Что?», «Как?» и «Почему?» использует данную технологию (табл. 2). В случае краудсорсинга основным участником становятся обычные люди или клиенты, а предметом использования — информация, которой люди либо делятся с другими, либо получают в результате данного сервиса. В технологии коллективного интеллекта участниками являются профессионалы, эксперты, которые либо создают новое знание, либо используют его в своей деятельности. Уже из этих отличительных особенностей видно, что проект Википедии является краудсорсинговым проектом, а не коллективным интеллектом. И наоборот, проект разработки Линукса является проектом коллективного интеллекта, а не краудсорсинговым проектом.

Основным инструментом работы в краудсорсинговых проектах является единый сетевой информационный ресурс и индивидуальная работа с ним через «личный кабинет». В случае использования технологии коллективного интеллекта сетевой ресурс служит лишь вспомогательной коммуникативной площадкой для организации коллективной работы, который легко может быть заменен обычной электронной почтой. Наиболее четко различие между технологиями проявляется в мотивации пользователей. В табл. 2 указаны лишь основные мотивации, которые, конечно же, дополняются другими. В случае инсорсинга основной мотивацией является зарплата сотрудников (хотя и дополнительные мотивации тоже имеются). При аутсорсинге основная мотивация состоит в прибыли аутсорсинговой компании, что делает эту технологию более эффективной в условиях тиражируемости услуги, чем инсорсинг. В случае краудсорсинга мотивацией пользователей служит либо их потребность в доступе к информации (например, в случае банковского электронного самообслуживания), либо социальный успех. Безусловно, и владение информацией, и социальный успех



Рис. 4. Атрибуты коллективного интеллекта

могут быть и будут монетизированы пользователем, но уже опосредованно, через работу с информацией. Основная же мотивация участника проектов коллективного интеллекта заключается в потребности в коллективной знаниевой деятельности, а оплата, признание и прочие виды мотивации (см. более подробно в работе [20]) вторичны.

Различия между моделями сорсинга позволяют выявить основные атрибуты коллективного интеллекта, представленные на рис. 4. Коллективный интеллект можно представить в виде системы коллективного интеллекта (левая часть рисунка) и пользователей этой системы. Система коллективного интеллекта должна включать в себя, как и краудсорсинговые платформы, сетевой инструмент коммуникаций (для организации коллектив-

Таблица 2

Геном сорсинга

	Инсорсинг	Аутсорсинг	Краудсорсинг, самообслуживание	Коллективный интеллект
Кто? Персонал	Сотрудники предприятия	Сотрудники фирм-партнеров	Клиенты, население	Эксперты
Что? Цель	Выполняют часть работы	Оказывают услуги	Получают или дают информацию	Создают и используют знание
Как? Процесс	В рамках бизнес-процесса	В рамках рыночных договоренностей	Интернет-самообслуживание	Коллективная работа
Почему? Мотивация	Зарплата	Прибыль	Необходимость в информации, слава	Удовлетворение в творчестве комплексных механизмов

ной работы пользователей); иметь общие для всех задачи и цели (не все краудсорсинговые проекты имеют общие цели); определять индивидуальные компетенции (это отличает коллективный интеллект от краудсорсинговых проектов); поддерживать появление или внедрение знания. Последний атрибут систем коллективного интеллекта также отличает их от краудсорсинга. В частности, технология модерации проекта Википедии не только не поддерживает появление нового знания, а наоборот — все, что не подтверждается более старыми и авторитетными источниками, запрещает к публикации. Википедия служит инструментом хранения и передачи знаний, но не их производства или использования.

Существенные различия в атрибутике имеются и со стороны пользователей систем коллективного интеллекта. В отличие от краудсорсинговых проектов, где возможно даже анонимное участие, в системах коллективного интеллекта участие персонифицировано. Более того, пользователь систем коллективного интеллекта должен брать на себя определенные обязательства (так в экспертных сетях пользователь подписывает соглашение, препятствующее распространению инсайдерской информации [21]) в отличие от «свободного входа» и «свободного выхода» в краудсорсинговых проектах [22]. Но при этом пользователи систем коллективного интеллекта не являются ни наемными работниками, ни бизнесменами, как в случае инсорсинга или аутсорсинга. Пользователи систем коллективного интеллекта — это избранные люди, профессионалы в своем деле, прошедшие определенный отбор для участия в отличие от демократичных процедур в краудсорсинговых проектах. Еще одно отличие пользователей систем коллективного интеллекта — это их деятельность, заключающаяся исключительно в творческой и интеллектуальной работе.

4. МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ КОЛЛЕКТИВНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Несмотря на то, что понятие коллективного интеллекта используется очень широко, работ по построению математических моделей и измерению коллективного интеллекта очень немного. В качестве одних из первых работ в области расчета коллективного коэффициента интеллектуальности (Collective Intelligence Quotient — CIQ) стоит упомянуть работы польского ученого Т. Цзубы (см. например, [23]), который использовал квази-хаотическую компьютерную модель, применяемую в биологии и социологии. Подобно тому, как броуновская частица движется благодаря хаотическим столкновениям с ней молекул, так и задачи, которые не могут быть решены одним челове-

ком, будут решаться группой людей даже в условиях их случайных коллабораций: «Мы говорим, что коллективный интеллект возникает в результате взаимодействия и сосуществования, если есть хотя бы одна проблема, которая может быть решена индивидом только при поддержке группы, либо совместно» [23, с. 492]. Статистическое моделирование решения групповых задач позволяет показывать возможности коллективного интеллекта, однако коэффициент интеллекта, рассчитанный таким образом, никак не связан с традиционным расчетом IQ (Intelligence Quotient) для индивида. Цзуба сам заявляет: «Парадоксально, но оценка коллективного интеллекта социальных структур получается проще оценки IQ одного существа» [23, с. 490]. Однако применяемый Цзубой подход интересен лишь с иллюстративной точки зрения, поскольку никак не опирается на моделирование интеллекта индивида. Фактически, предложенная модель описывает любой групповой процесс, связанный или не связанный с интеллектом.

Математическое описание коллективных процессов, которые могут использоваться для моделирования интеллектуальной деятельности, можно найти в книге Д. Вулперта «Теория коллективного интеллекта» [24]. Автор вводит функции полезности для членов коллектива и всего коллектива в целом и ищет условия, при которых частный интерес не противоречит, а наоборот способствует реализации интереса коллективного. По аналогии с методами теории игр, Вулперт вводит функции, переменные которых вполне абстрактны, и могут описывать как связи, параметры, так и самих участников коллективной деятельности. Аналогичные методы, названные им COIN (Collective Intelligence), Вулперт с коллегами применял и ранее для описания различных схем коллективного взаимодействия (см., например, работу [25]).

Голландский ученый М. Шют предпринял попытку [26] описать общий подход к моделированию коллективного интеллекта (CI). Он предложил учитывать в моделях следующие свойства CI: мультиагентность, свойства пчелиного роя, сложность, адаптивность и самоорганизуемость, и использовать имитационное моделирование, позволяющее проводить численные эксперименты подобно тому, как это делается в эволюционных (Evolutionary Methods) и коэволюционных (Co-evolution) алгоритмах оптимизации популяций [27]; в обучающих (Learning Classifier Systems) алгоритмах [28]; в нейроэволюционных (Neuro-Evolution) алгоритмах, использующих технологии нейронных сетей [29]; в алгоритмах COIN, описанных выше; в алгоритмах, описывающих движение роя (Particle Swarm Optimisation) — см., например, работу [30], и др.

Интересное исследование, не связанное, правда, с построением какой-либо модели, в области измерения коллективного IQ пользователей краудсорсинговой платформы было проведено группой ученых из Кембриджа [31]. Исследователи поставили перед собой задачу определения IQ сообществ пользователей сетевой коллаборационной платформы «Amazon's Mechanical Turk», которые решали задачи за вознаграждение. Для решения были приготовлены тестовые наборы, близкие по форме к стандартным тестам IQ, что позволило сравнить изменение коллективного IQ как при работе одного, так и при работе нескольких участников. В данной работе, благодаря возможностям краудсорсинговой платформы, исследовалась зависимость эффективности решения тестов не только от числа участников, но и от схемы вознаграждения за решение задач и от репутации участников.

Было показано, что коллективный IQ (называемый в статье, правда, Crowd IQ) растет с ростом числа участников, при этом отбор пользователей, имеющих более высокую репутацию, повышает число решений тестовых наборов в единицу времени. Интересно, что зависимость от мотивации оказалась немонотонной, она практически не менялась при низкой и высокой оплате за работу. Однако использование коммерческой краудсорсинговой платформы с реальными пользователями для проведения тестов, несмотря на удобство и дополнительные возможности, имело и недостаток, поскольку не позволяла авторам более детально изучить зависимость коллективного IQ от состава участников. Несмотря на это, полученные результаты, безусловно, интересны для понимания возможностей коллективного интеллекта, пусть даже и неорганизованного сообщества.

Важные результаты в области моделирования и изучения технологий коллективного интеллекта получены в работе [32]. Для описания математической модели расчета коллективного IQ авторы вводят понятие актора, участника тестов, который в системах коллективного интеллекта выступает как в роли решателя задач, так и в роли оценщика чужих решений. Развиваемый метод эволюционного согласования подразумевает такую организацию работ акторов, которая приводит к существенному увеличению эффективности работы группы благодаря определению более компетентных участников и перераспределению роли в групповой работе. По сути дела, эволюционное согласование, применяемое в качестве методики решения тестов, позволяет в процессе тестирования интеллектуальной деятельности выявлять компетенции членов группы, чтобы более эффективно использовать индивидуальный интеллект для решения групповых задач.

Измерять коллективный IQ можно аналогично измерению индивидуального IQ (см. например, работу [33]), только с учетом того, что тесты будут решаться группой. Важное условие групповой работы решения тестов заключается в возможности комбинировать (распределять) задачи между участниками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение коллективного интеллекта, как уже говорилось, началось с исследования психологии групп и толпы. Но именно психологическая составляющая коллективного интеллекта пока еще меньше всего исследована. Чаще всего изучение психологии групп касается изучения роли лидеров, различных вариантов консенсуса в решении тех или иных задач [34, 35], исследований же коллектива как целого очень мало. В этой связи интересна работа А. Вулли с коллегами (при участии Т. Малоуна) по исследованию корреляции эффективности групповой работы и интеллектуальных способностей испытуемых [36, 37]. Было показано, что эффективность групповой работы возрастает с увеличением компетентности членов группы, но при этом наличие ярких лидеров отнюдь не увеличивает, а даже снижает производительность групповой работы по сравнению с группой более-менее равных по компетенциям испытуемых. Авторы предложили рассматривать коллективный интеллект состоящим из двух составляющих: «снизу — вверх», которая как раз описывает влияние членов группы на эффективность, и «сверху — вниз», описывающая влияние коллектива в целом на работу его членов. Именно вторая составляющая, включающая в себя атмосферу сетевой коллективной работы и возможности сетевого брейнсторминга [38], до сих пор наименее изучена.

Развитие социальных сетей, которые стали уже неотъемлемой частью не только повседневной жизни современного человека, но и экономики, потребовало серьезных исследований и моделирования сетевых взаимосвязей с использованием метрик отношений между пользователями сетей. Такими метриками могут быть, например, уровни доверия или влияния (см. например, книгу [39]). Вместе с тем, наряду с социальными сетями получают распространение экспертные сети и сообщества (см., например, статью [21]), доверие и влияние в которых в основном связано с компетенциями их членов. В случае сетевых экспертных сообществ необходимо уметь моделировать групповое взаимодействие экспертов, учитывающее их компетентностные возможности и максимизирующее совокупные показатели интеллекта.



ЛИТЕРАТУРА

1. Дюркгейм Э. О разделении общественного труда. — М.: Канон, 1996. — 430 с.
2. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. — М.: Айрис-пресс, 2004. — 576 с.
3. Wells H.G. World Brain. South Australia: University of Adelaide, 1938. — URL: https://ebooks.adelaide.edu.au/w/wells/hg/world_brain/ (дата обращения: 30.08.2016).
4. Хейлуген Ф. Концепция глобального мозга / В кн.: Рождение коллективного разума: О новых законах сетевого социума и сетевой экономики и об их влиянии на поведение человека. — М.: Ленанд, 2014. — С. 288.
5. Weiss A. The Power of Collective Intelligence // *Collective Intelligence*. — September 2005. — P. 17–23.
6. Glenn J. Collective intelligence systems and an application by The Millennium Project for the Egyptian Academy of Scientific Research and Technology // *Technological Forecasting and Social Change*. — 2015. — Vol. 97, August. — P. 7–14.
7. Kittur A., Lee B., Kraut R.E. Coordination in Collective Intelligence: The Role of Team Structure and Task Interdependence / *Studying Wikipedia*. Boston, 2009. — Vol. CHI 2009, April 4–9. — P. 1490–1504.
8. Zetssu K., Kiyoki Y. Towards Knowledge Management Based on Harnessing Collective Intelligence on the Web / *EKAUW* 2006. Berlin, 2006. — Vol. LNAI 4248. — P. 350–357.
9. Luo S., Xia H., Yoshida T., Wang Z. Toward collective intelligence of online communities: a primitive conceptual model // *J Syst Sci Syst.* — 2009. — Vol. 18, N 2. — P. 203–221.
10. Malone T.W., Laubacher R., Dellarocas C. Harnessing Crowds: Mapping the Genome of Collective Intelligence, MIT Center for Collective Intelligence Massachusetts Institute of Technology. — Cambridge, MA, Working Paper No. 2009-001, 2009.
11. Male S.A., Bush M.B., Chapman E.S. Perceptions of competency deficiencies in engineering graduates // *Australasian Journal of Engineering Education*. — 2010. — Vol. 16, N 1. — P. 55–68.
12. Leimeister J.M. Collective Intelligence // *Business & Information Systems Engineering*. — 2010. — N 4. — P. 245–248.
13. Gregg D.G. Designing for collective intelligence // *Communications of ACM*. — 2010. — Vol. 53, N 4. — P. 134–138.
14. Buecheler T., Sieg J., Fuchslin R., Pfeifer R. Alife XXII Conference // *Crowdsourcing, Open Innovation and Collective Intelligence in the Scientific Method: A Research Agenda and Operational Framework*. — Odense, Denmark, 2010. — P. 679–686.
15. Bothos E., Apostolou D., Mentzas G. Collective intelligence for idea management with Internet-based information aggregation markets // *Internet Research*. — 2009. — Vol. 19, N 1. — P. 26–41.
16. Gruber T. Collective knowledge systems: Where the Social Web meets the Semantic Web // *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*. — 2008. — Vol. 6. — P. 4–13.
17. Lykourantzou I., Vergados D., Kapetanios E., Loumos V. Collective Intelligence Systems: Classification // *Journal of emerging technologies in web intelligence*. — 2011. — Vol. 3, N 3. — P. 217–226.
18. Alag S. Collective Intelligence in Action. — Manning Publications, 2009. — 424 p.
19. Славин Б.Б. Взаимосвязь этапов развития информационных технологий и экономики // *Информационное общество*. — 2015. — № 6. — С. 4–13.
20. Максимова Е.В. Мотивация экспертов к работе в профессиональной сети // В кн.: Рождение коллективного разума. — М.: ЛЕНАНД, 2013. — С. 230–244.
21. Славин Б. Современные экспертные сети // *Открытые системы*. — 2014. — № 7. — С. 30–33.
22. Geerts S. Discovering Crowdsourcing. Theory, Classification and Directions for use. — Eindhoven: TUE. Department Industrial Engineering and Innovation Sciences, 2009. — 117 p.
23. Szuba T. A formal definition of the phenomenon of collective intelligence and its IQ measure // *Future Generation Computer Systems*. — 2001. — N 17. — P. 489–500.
24. Wolpert D.H. Theory of Collective Intelligence. — Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center, 2003. — 64 p.
25. Tumer K., Wolpert D. Collective Intelligence and Braess' Paradox. — Moffett Field, CA: AAAI-00 Proceedings, 2000. — 6 p.
26. Schut M.C. On model design for simulation of collective intelligence // *Information Sciences*. — 2010. — N 180. — P. 132–155.
27. Eiben A., Schut M., Toma T. Comparing communication protocols in evolving agent societies: cell phones versus shouting // *Evolvability and Interaction: Evolutionary Substrates of Communication Signalling and Perception in the Dynamics of Social Complexity*. — 2003. — Vol. TR-393. — P. 22–28.
28. Butz M. Rule-Based Evolutionary Online Learning Systems. — Springer, 2006. — 277 p.
29. Stanley K., Bryant B., Mikkulainen R. Real-time neuro-evolution in the nero video game // *IEEE Transactions Evolutionary Computation*. — 2005. — Vol. 9, N 6. — P. 653–668.
30. Engelbrecht A. Fundamentals of Computational Swarm Intelligence. — Wiley, 2005. — 672 p.
31. Kosinski M., Bachrach Y., Kasneci G., Van-Gael J., Graepel T. Crowd IQ: measuring the intelligence of crowdsourcing platforms // *Association for Computing Machinery*. — 2012. — June 22. — P. 151–160.
32. Протасов В., Потанова З., Осипчук О. Сертификация экспертов и определение относительной цены задачи в зависимости от ее сложности // *Тр. XX Байкальской всерос. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении»*. — Иркутск, 2015. — Т. 2. — С. 164–175.
33. Flynn J.R. Searching for justice: The Discovery of IQ Gains Over Time // *American Psychologist*. — 1999. — Vol. 54, N 1. — P. 5–20.
34. Dyer J., Ioannou C., Morrell L., et al. Consensus decision making in human crowds // *Animal Behaviour*. 2008. — Vol. 75. — P. 461–470.
35. Dyer J., Johansson A., Helbing D., et al. Leadership, consensus decision making and collective behaviour in humans // *Phil. Trans. R. Soc. B*. — 2009. — Vol. 364. — P. 781–789.
36. Woolley A., Chabris C., Pentland A., et al. Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups // *Science*. — October 2010. — N 330. — P. 686–688.
37. Woolley A., Aggarwa I., Malone T. Collective Intelligence and Group Performance // *Current Directions in Psychological Science*. — 2015. — Vol. 24, N 6. — P. 420–424.
38. Raikov A.N. Holistic Discourse in the Network Cognitive Modeling // *Journal of Mathematics and System Science*. — 2013. — N 3. — P. 519–530.
39. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхатишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. — М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2010. — 228 с.

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.А. Дорофеевым.

Славин Борис Борисович — канд. физ.-мат. наук, науч. руководитель факультета прикладной математики и информационных технологий, Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва, bbslavin@gmail.com.