

**Для цитирования**

Бурый А.С., Костылева К.В. Веб-технологии экспертных систем поддержки принятия решений / I Научно-практическая конференция, посвященная 100-летию деятельности ФГБУ «Институт стандартизации»: «Стандартизация: траектория науки», Санкт-Петербург, 9 октября 2024 года // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 6(81). С. 229–234.

УДК 004.91+004.031.42

**ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Бурый А.С., д-р техн. наук, ФГБУ «Институт стандартизации», г. Москва  
Костылева К.В., аспирант, ФГБУ «Институт стандартизации», г. Москва

Рассматриваются веб-ориентированные информационные системы на примере экспертных систем поддержки принятия решений. Показана роль сетевых платформ – веб-приложений в формировании коллективного (коллаборативного) интеллекта (КИ) в создании новых знаний, в том числе неявных и слабоструктурированных. Развитие концепции КИ позволит кардинально снизить вероятность принятия ошибочных решений. Основу КИ составляют интеллектуальное сотрудничество, практика коллективных технологий и формируемые в результате их взаимодействия объединенные знания как синергетический эффект самоорганизующейся системы.

Ключевые слова: информационные технологии, веб-технология, ресурсы открытого доступа, экспертная система, принятие решений, коллективный интеллект.

**WEB TECHNOLOGIES OF EXPERT DECISION SUPPORT SYSTEMS**

Buryi A.S., Dr. Tech. of Sciences, Russian Standardization Institute, Moscow  
Kostyleva K.V., graduate student of the Russian Standardization Institute, Moscow

Web-based information systems are considered using the example of expert decision support systems. The role of network platforms – web applications in the formation of collective (collaborative) intelligence (CI) in the creation of new knowledge, including implicit and weakly structured ones, is shown. The development of the CI concept will dramatically reduce the likelihood of making erroneous decisions. The basis of CI is intellectual cooperation, the practice of collective technologies and the combined knowledge formed as a result of their interaction, as a synergistic effect of a self-organizing system.

Keywords: information technology, web technology, open access resources, expert system, decision-making, collaborative intelligence.

**Введение**

Продолжая идеи развития ресурсов открытого доступа (РОД) и их значимости в научной среде [1], рассмотрим роль и место интернет-технологий (веб-технологий) в задачах принятия решений, основанных на экспертных оценках для поддержки принятия решений. Цифровая индустрия развивается космическими темпами, и веб-разработки составляют авангард инновационного направления. Каждый год приносит новые технологии, методологии и ожидания пользователей, которые меняют то, как мы создаем веб-сайты и взаимодействуем с ними, как индивидуально, так и в составе команд. Чтобы оставаться впереди в этой

динамичной области, разработчики должны адаптироваться и принять новые тенденции, которые потенциально могут произвести революцию в веб-интерфейсе<sup>1</sup>.

Веб-ориентированная информационная система, как правило, предназначена для выхода в информационное пространство сети Интернет для решения своих целевых задач, используя ресурсы – РОД (базы данных различной направленности, коммуникации с ресурсами открытой науки – библиотеками, информационными фондами и др.).

Развитие технологии искусственного интеллекта (ИИ) сегодня опирается на результаты коллективной интеллектуальной деятельности: он обучается на созданных человечеством интеллектуальных продуктах, многие системы совершенствуются при непосредственном взаимодействии с людьми или используют данные датчиков или социальных сетей, справочные данные и многое другое. Искусственный интеллект может составить картину стихийных бедствий или являться основой моделей прогнозирования [2], поддерживая функционирование когнитивных моделей эволюционных сред на основе когнитивной науки [3, 4], моделировать коллективную деятельность, в частности работу технических комитетов по стандартизации при принятии решений в ходе экспертного оценивания [5].

В этой связи разработка теории систем коллективного интеллекта (КИ), позволяющей кардинально снизить вероятность принятия ошибочных решений, а также соответствующих информационно-логических алгоритмов и моделей методов и программного обеспечения, является важной и актуальной [6].

### **Основные траектории веб-исследований**

Учитывая особую роль ИТ-коммуникаций, технологии КИ 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 факторов в управлении неявными знаниями<sup>2</sup>, которые еще требуют исследования и внедрения в практику. Рассматривая технологии КИ, в первую очередь надо обратить внимание на синергетический эффект увеличения интеллектуальных способностей групповой (командной) работы коллектива. Только после этого возможна информационная поддержка, которая обеспечит широту охвата пользователей для оценки сетевых возможностей технологий.

Современный Web 2.0 – это сеть интерактивных веб-сайтов и платформ, на которых контент создают пользователи, а не администраторы и владельцы ресурсов. Генеральный директор «O'Reilly Media Inc.» определяет Web 2.0 как<sup>3</sup> сетевую платформу, охватывающую все подключенные устройства. Приложения Web 2.0 позволяют максимально использовать преимущества, присущие этой платформе. Это и предоставление программного обеспечения в виде постоянно обновляемого сервиса, который становится лучше по мере того, как все больше людей им пользуются, и использование объединенных данных из нескольких источников, включая отдельных пользователей, и предоставление при этом их собственных данных и услуг в форме, позволяющей другим пользователям изменять их, создавая сетевые эффекты с помощью «архитектуры участия».

Web 3.0, также известный как «семантический веб» или «интеллектуальный веб», представляет следующий этап развития сети, который еще не наступил, однако над ним уже работают веб-разработчики и ИТ-корпорации.

Задача, которая стоит для будущего Web 3.0, – это создать новую версию интернета, которая будет более интеллектуальной и автоматизированной, т.е. будет самостоятельно развивать способности сети:

– понимать смысл реализуемого технологического контента;

<sup>1</sup> Леонтьева О. Тренды веб-разработки 2023. URL: <https://vc.ru/u/181937-olga-leonteva/586655-trendy-veb-razrabotki-2023> (дата обращения: 01.10.2024).

<sup>2</sup> Неявные (неформализованные) знания – это знания, постоянно присутствующие в сознании, поведении и восприятии каждого индивидуума, включают в себя его навыки, опыт, представления, интуицию и взгляды (мнения) [ГОСТ Р 53894–2016. Менеджмент знаний. Термины и определения. М., 2016. IV, 19 с. (п. 2.43)].

<sup>3</sup> O'Reilly T. «Web 2.0: Compact Definition». [Сайт O'Reilly] <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html> (дата обращения: 03.09.2024).

- понимать запросы пользователей, которые те делают текстом, голосом или как-то еще;
- максимально адаптировать контент под каждого пользователя в отдельности.

Другими словами, интернет в эпоху Web 3.0 станет больше походить на живого собеседника, чем на машину.

Ключевой компетенцией эпохи Web 2.0 является обнаружение подразумеваемых метаданных, а затем создание базы данных для сбора этих метаданных и/или создания экосистемы вокруг них.

Инструменты Web 2.0 все активнее используются в технологиях городского планирования и управления [7], в общественном обсуждении, голосовании, в сфере образования, здравоохранения и др. На базе Web 2.0 развиваются различные сценарии коллективных разработок, совместного творчества [8].

### Структуризация экспертной системы на основе веб-технологий

Технологический цикл (ТЦ) экспертной системы (ЭС) представим в виде совокупности (кортежа) отдельных операций выбранной веб-технологии [9]:

$$ТЦ_k = \langle \{Tw_i^k\}, R_{ij}^k \rangle, \quad (1)$$

где:  $\{Tw_i^k\}$  – множество операций  $k$ -й веб-технологии,  $k \in W$ , а  $i$  – номер операции в выбранной веб-технологии;

$W$  – общее количество задействованных технологий;

$R_{ij} \in R^k$  – отношения между операциями " $i$ " и " $j$ ", причем  $i \neq j^4$ .

Технологический процесс (ТП), свойственный информационным системам, связанным с переработкой данных, определим как композицию ТЦ, отдельных технологических операций и систему информационных отношений, обеспечивающих их целевое использование. Тогда с учетом (1) запишем:

$$ТП = \langle \{Tw_i^k\}, \{ТЦ_k\}, M \rangle, \quad (2)$$

где  $M$  – сценарная матрица технологического процесса или алгоритм управления (смены режимов, технологий и др.).

В [10] вводится понятие экспертно-значимого события, т.е. события, которое наступит в будущем, если в настоящий момент будут предприняты определенные действия. Тогда сценарную матрицу из выражения (2) на прогнозируемый период развития процесса ( $t_{l+1}$ ) можем представить как

$$M(t_{l+1}) = (S(t_l), G^{КИГ}(t_l), C(t_l)), \quad (3)$$

где:  $S(t_l)$  – текущая ситуация, описываемая набором задействованных технологий, отношений связей и условий, в которых исследователю приходится принимать решение;

$G^{КИГ}(t_l)$  – квазиинформационная гипотеза; отражает структуру знаний исследователя и фактически представляет модель учитываемой неопределенности процесса принятия решений;

$C(t_l)$  – стратегия формирования сценария в момент  $t_l$ , выделяющая те способы продолжения сценария, которые может позволить себе оперирующая сторона с учетом решаемой целевой задачи.

Экспертная система поддержки принятия решений состоит из следующих подсистем, представленных на рис. 1 (с учетом [11]):

- базы данных (данные в различных форматах, структурированные и неструктурированные);
- базы знаний (соответствующей предметной области);
- координатора (подсистемы (ПС) выработки решений и координации выполнения задач на основе алгоритмов сопряжения с базами данных и знаний);
- подсистемы приобретения знания с помощью соответствующих инструментальных средств ПС координации – для формирования библиотеки моделей и алгоритмов интеллектуального анализа данных и др.;

<sup>4</sup> Здесь под отношениями будем понимать согласования форматов представления данных.

- подсистемы обучения и интеллектуального пользовательского интерфейса по типам решаемых задач;
- подсистемы коллективного обсуждения нетривиальных решений в условиях временных ограничений и чрезвычайных ситуаций, когда КИ приобретает особую роль в принимаемом решении.

Структура рассматриваемой ЭС системы также включает внешние информационные ресурсы или РОД, представляющие собой источники данных, процедуры обработки данных, включая вычислительные сервисы облачных платформ, а также сетевые приложения информационно-справочного характера для подготовки отчетов: базы научной литературы, графических построителей, библиотеки финансового анализа, медицинской диагностики, технической экспертизы и др. предметных областей. ЭС является интеллектуальной системой для реализации процессов как информационного обеспечения, так и поддержки принятия управленческих решений при планировании, прогнозировании развития критических ситуаций.

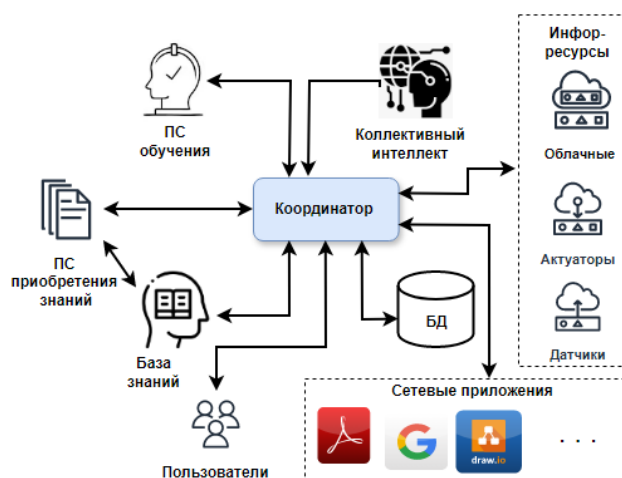


Рис. 1. Экспертная система на основе веб-технологий

Web 2.0 включает в себя двусторонний и интерактивный механизм, позволяющий поставщикам знаний (или обычным пользователям Интернета) размещать информацию в общих доменах. Кроме того, информация и ее интерпретация для практического использования, то есть знания, создается и настраивается таким образом, чтобы она всегда оставалась актуальной. Для организации совместного анализа и решения задач в составе команд предлагается следующий перечень функций или требований к ЭС на этапе формирования контента знаний (см. рис. 2) с помощью Web 2.0 [12]:

- вклад в общие цели (вовлечение) – участники проекта имеют возможность размещать свой контент знаний в базу знаний под контролем координатора;
- совместное использование – информация о знаниях доступна всем участникам проекта, а по запросам (или в режиме свободного доступа) выкладывается в сеть, а также могут быть внедрены защищенные механизмы, позволяющие осуществлять обмен знаниями для определенных сообществ, обеспечивая доступность информации;
- сотрудничество – информация о знаниях создается и поддерживается совместно с поставщиками знаний, включая коллаборации<sup>5</sup> с заинтересованными лицами;
- динамичность – информация о знаниях постоянно обновляется с учетом меняющейся среды и ситуации в соответствии с выражением (3);
- достоверность – вклад знаний должен основываться на доверии между поставщиками знаний и экспертами в предметной области.

<sup>5</sup> Коллаборация (от франц. *collaborer* – «сотрудничать») – это вид сотрудничества, представляющий собой относительно кратковременное взаимодействие между людьми или организациями, предусматривающее обмен опытом, знаниями, и другими преобладающими свойствами.

## Основы коллективного интеллекта

Коллективный интеллект представляет собой способность организации или группы к сотрудничеству. В масштабе Web 2.0 знания, полученные в результате совместных усилий пользователей, растут пропорционально территориальной распределенности Интернета, приложений для совместной работы, таких как Telegram, Skype (общение, обсуждение, видеоконференции), Notion (совместное редактирование документов), Google Drive (совместная работа с документами, интеграция с другими приложениями) и др.

Система КИ основана на трех столпах: технологической среде для совместной работы, объединенных знаниях и интеллектуальном сотрудничестве, как показано на рис. 2. Эти три компонента постоянно взаимодействуют; они соответствуют друг другу и взаимосвязаны. Отличительной чертой коллаборации является синергетический эффект, когда результат совместных действий субъектов оказывается больше суммы их индивидуальных результатов.

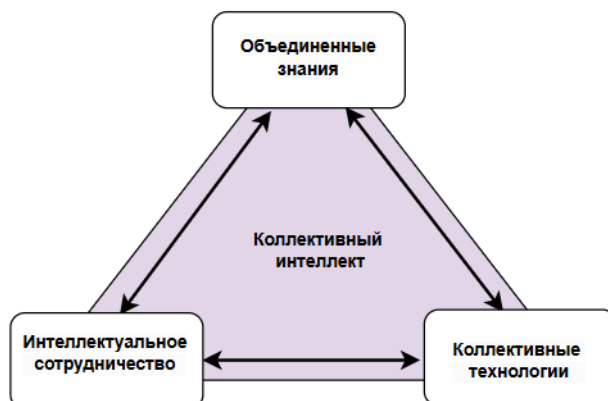


Рис. 2. Основы коллективного интеллекта

Технологии совместной работы – это аппаратно-программное обеспечение, базы данных и знаний, сетевая и вспомогательная инфраструктура (см. рис. 1), которые поддерживают связь и совместную работу двух или более человек. Распределенная среда совместной работы – это среда, в которой группа взаимодействует в виртуальном пространстве, образованном под решаемую целевую задачу.

В среде совместной работы используются усовершенствованные технологии, облегчающие групповое решение проблем. Коллективные технологии среды совместной работы включают:

- синхронные технологии; такие как мгновенный чат, видео- и аудиоконференции и общие доски объявлений;
- асинхронные технологии; такие как электронная почта, веб-блоги, сетевые приложения и разнообразные информационные (чаще – распределенные) ресурсы.

## Заключение

Сетевые технологии в работе экспертов представляют собой перспективное направление коллективного творчества как в научной среде, так и в проектной работе, технической экспертизе различного уровня. Концепция коллаборативного интеллекта является основой формирования новых знаний и выступает вектором развития эффективных методов в открытой науке, в науке данных, в образовательной среде, в производстве и бизнесе. Принципы организации построения ЭС на основе веб-технологий, КИ фактически являются принципами самоорганизующихся сообществ, так как могут решать задачи без внешнего управления. По сути это многоагентные распределенные системы, где каждый агент, человек или машина, автономно вносит свой вклад в решение поставленной задачи.

## Список литературы

1. Бурый А.С., Костылева К.В. Разработка требований к издательскому Web-приложению // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 5 (80). С. 79–84.

2. Быльева Д.С. Коллективный и искусственный интеллект // Вестник Мининского университета. 2023. Т. 11, № 2(43). С. 13.
3. Абрамов В.И., Кудинов А.Н., Евдокимов Д.С. Применение социального моделирования с использованием агенториентированного подхода в приложении к научно-техническому развитию, реализации НИОКР и поддержанию инновационного потенциала // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81, № 3. С. 339–357.
4. Бурый А.С., Стреха А.А. Когнитивный подход к управлению организационными изменениями предприятий // Транспортное дело России. 2015. № 4. С. 3–6.
5. Аронов И.З., Максимова О.В. Искусство создавать модели: достижение консенсуса в техническом комитете по стандартизации // Стандарты и качество. 2024. № 13. С. 32–39.
6. Протасов В.И., Потапова З.Е. Методика кардинального снижения вероятности принятия ошибочных решений в системах коллективного интеллекта // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 3. С. 588–601.
7. Бурый А.С., Ловцов Д.А. Информационные технологии цифровой трансформации умных городов // Правовая информатика. 2022. № 2. С. 4–13.
8. Bizjak I. Web 2.0 tools as framework for participation and co-creation // Culture and Territory. 2020. С. 227–241. <https://dx.doi.org/10.24140/2020-sct-vol.4-2.5>
9. Бетанов В.В. Интеллектуализация навигационно-баллистического обеспечения управления космическими аппаратами // Правовая информатика. 2023. № 2. С. 34–43.
10. Сценарное исследование сложных систем: анализ методов группового управления / В.В. Кульба, Д.А. Кононов, И.В. Чернов [и др.] // Управление большими системами: сборник трудов. 2010. № 30-1. С. 154–186.
11. Шориков А.Ф., Буценко Е.В., Крылов В.Г. Компьютерная экспертная система бизнес-планирования // Прикладная информатика. 2016. Т. 11, № 5(65). С. 8–18.
12. Lee M.R., Lan Y. From Web 2.0 to conversational knowledge management: towards collaborative intelligence // Journal of Entrepreneurship Research. 2007. Т. 2, № 2. С. 47–62.

## References

1. Buryi A.S., Kostyleva K.V. Razrabotka trebovanij k izdatel'skomu Web-prilozheniyu. Information and economic aspects of standardization and technical regulation, 2024, no. 5(80), pp. 79–84.
2. Byleva D.S. Kollektivnyj i iskusstvennyj intellect. Bulletin of the Minin University, 2023, vol. 11, no. 2(43). P. 13.
3. Abramov V.I., Kudinov A.N., Evdokimov D.S. Primenenie social'nogo modelirovaniya s ispol'zovaniem agentorientirovannogo podhoda v prilozhenii k nauchno-tekhnicheskomu razvitiyu, realizacii NIOKR i podderzhaniyu innovacionnogo potenciala. Bulletin of VGUIT, 2019, vol. 81, no. 3, pp. 339–357.
4. Buryi A.S., Strekha A.A. Kognitivnyj podhod k upravleniyu organizacionnymi izmeneniyami predpriyatij. Transport business of Russia, 2015, no. 4, pp. 3–6.
5. Aronov I.Z., Maksimova O.V. Iskusstvo sozdavat' modeli: dostizhenie konsensusa v tekhnicheskom komitete po standartizacii. Standards and Quality, 2024, no. 13, pp. 32–39.
6. Protasov V.I., Potapova Z.E. Metodika kardinal'nogo snizheniya veroyatnosti prinyatiya oshibochnyh reshenij v sistemah kolektivnogo intellekta. Modern information technologies and IT education, 2019, vol. 15, no. 3, pp. 588–601.
7. Buryi A.S., Lovtsov D.A. Informacionnye tekhnologii cifrovoj transformacii umnyh gorodov. Legal Informatics, 2022, no. 2, pp. 4–13. <https://doi.org/10.21681/1994-1404-2022-2-04-13>
8. Bizjak I. Web 2.0 tools as framework for participation and co-creation. Culture and Territory, 2020, pp. 227–241. <https://dx.doi.org/10.24140/2020-sct-vol.4-2.5>
9. Betanov V.V. Intellectualization of navigation and ballistic support for spacecraft control. Legal Informatics, 2023, no. 2, pp. 34–43. <https://doi.org/10.21681/1994-1404-2023-2-34-43>
10. Kulba V.V., Kononov D.A., Chernov I.V., et al. Scenarnoe issledovanie slozhnyh sistem: analiz metodov gruppovogo upravleniya. Upravlenie bol'shimi sistemami: sbornik trudov, 2010, no. 30–1, pp. 154–186.
11. Shorikov A.F., Butsenko E.V., Krylov V.G. Komp'yuternaya ekspertnaya sistema biznes-planirovaniya // Applied Computer science, 2016, vol. 11, no. 5(65), pp. 8–18.
12. Lee M.R., Lan Y. From Web 2.0 to conversational knowledge management: towards collaborative intelligence. Journal of Entrepreneurship Research, 2007, vol. 2, no. 2, pp. 47–62.