

УДК 004.89

АРХИТЕКТУРА И ТАКСОНОМИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Статья поступила в редакцию 13.11.2018, в окончательном варианте – 26.12.2018.

Овчинников Виктор Викторович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», 119454, Российская Федерация, г. Москва, проспект Вернадского, 78, аспирант, e-mail: kep4e@mail.ru

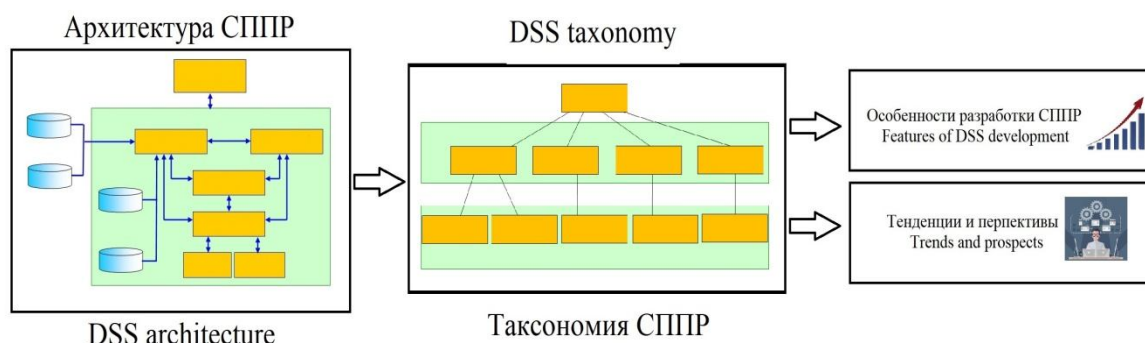
Станкевич Сергей Алексеевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», 119454, Российская Федерация, г. Москва, проспект Вернадского, 78, аспирант, e-mail: sergey.stan@rambler.ru

Никольский Сергей Николаевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», 119454, Российская Федерация, г. Москва, проспект Вернадского, 78, доктор технических наук, профессор, e-mail: nsn1946@yandex.ru

В статье представлен контент-анализ подходов к решению задачи синтеза компьютеризированной СППР на основе имеющейся литературы по СППР. Представлена архитектура СППР, которую можно считать универсальной для всех типов СППР. Показано, что имеющаяся классификация СППР исходит из её архитектуры и явно соотносится с её компонентами. Раскрыты особенности разработки приложений СППР. Рассмотрены тенденции и перспективы развития СППР.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, бизнес-аналитика, методы интеллектуального анализа данных, интеллектуализация методов принятия решений, многоагентные системы

Графическая аннотация (Graphical annotation)



ARCHITECTURE AND TAXONOMY OF THE DECISION SUPPORT SYSTEMS

The article was received by editorial board 13.11.2018, in the final version – 26.12.2018.

Ovchinnikov Viktor V., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA – Russian Technological University", 7 Vernadsky Ave, Moscow, 119454, Russian Federation, post-graduate student, e-mail: kep4e@mail.ru

Stankevich Sergey A., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA – Russian Technological University", 7 Vernadsky Ave, Moscow, 119454, Russian Federation, post-graduate student, e-mail: sergey.stan@rambler.ru

Nikolskiy Sergey N., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA – Russian Technological University", 7 Vernadsky Ave, Moscow, 119454, Russian Federation, Doct. Sci. (Engineering), Professor, e-mail: nsn1946@yandex.ru

This paper gives an overview of the state-of-the-art literature on DSS and describes current techniques of relevant DSS applications within manufacturing environments. The architecture of DSS, which can be considered universal for all types of DSS, is presented. This work shows that the existing classification of DSS comes from its architecture and clearly correlates with its components. The features of DSS application development are described. Trends and prospects of development of DSS are considered.

Key words: Decision support systems, Business Intelligence, Data Mining, Intelligent decision making, multi-agent systems

Системы поддержки принятия решений (СППР или DSS – Decision Support System) объединяют человеческие знания с возможностями компьютеров для эффективного управления объектами исследования, представленными данными, отчётами, аналитикой, моделированием и планированием. С точки зрения разработчиков синтез компьютеризированной DSS обеспечивает переход между структурированными, плохо структурированными и неструктурированными данными. В частности, СППР уменьшает количество данных до хорошо структурированного уровня. Затем, на основе них принимаются решения – например, о поддержке производственного процесса. Кроме того, целью разработки СППР является предотвращение проблем в процессе принятия решений, (например, в области производства) еще до того, как эти проблемы появятся.

Michael Scott-Morton, который фактически «изобрел» эту дисциплину в начале 1970-х годов, определил, что системы поддержки принятия решений сочетают интеллектуальные ресурсы людей с возможностями компьютера для повышения качества решений. Таким образом, речь идет о компьютерных системах поддержки для лиц, принимающих управленческие решения, которые занимаются плохо структурированными проблемами [12].

В последние два десятилетия значительно расширилась область применения информационных систем и технологий. В настоящее время тенденция привлечения бизнес-аналитики (Business Intelligence, BI) и методов интеллектуального анализа данных (Data Mining, DM) является одним из ключевых факторов развития новых технологий и методов систем поддержки принятия решений (СППР).

На рисунке 1 показана концептуальная модель процесса принятия решений – это набор действий, поддерживаемых средами СППР. Основные элементы такой модели довольно распространены и включают следующие объекты:

- *лицо, принимающее решение (ЛПР)* – лицо или группа лиц, которым поручено принять конкретное решение;
- *набор материалов (информации) для процесса принятия решений*: данные; численные или качественные модели для интерпретации этих данных; предыдущие результаты работы с аналогичными наборами данных или аналогичные ситуации принятия решений; различные виды культурных и психологических норм и ограничений, связанных с принятием решений;
- *организационная структура, в состав которой входит ЛПР*: состав и порядок формирования решений в данной структуре;
- *сам процесс принятия решений*: последовательность шагов для преобразования входных данных в результаты в форме решений;
- *набор результатов процесса принятия решений*, включая сами решения и (в идеале) набор критериев для оценки решений, созданных процессом, в сочетании с набором потребностей, проблем или целей, которые привели к приоритету принятия решений.

Путь к разработке, подходящей для решения определенных задач СППР (например, в области производства продукции) достаточно сложен. В частности, данные, определённые несколькими системами сбора данных, такими как АСУ предприятия, должны быть отфильтрованы. После приведения данных к требуемым условиям необходимо сформировать несколько альтернатив для решения определённой проблемы, выбрать из них лучший вариант решения и реализовать принятое решение (рис. 1).

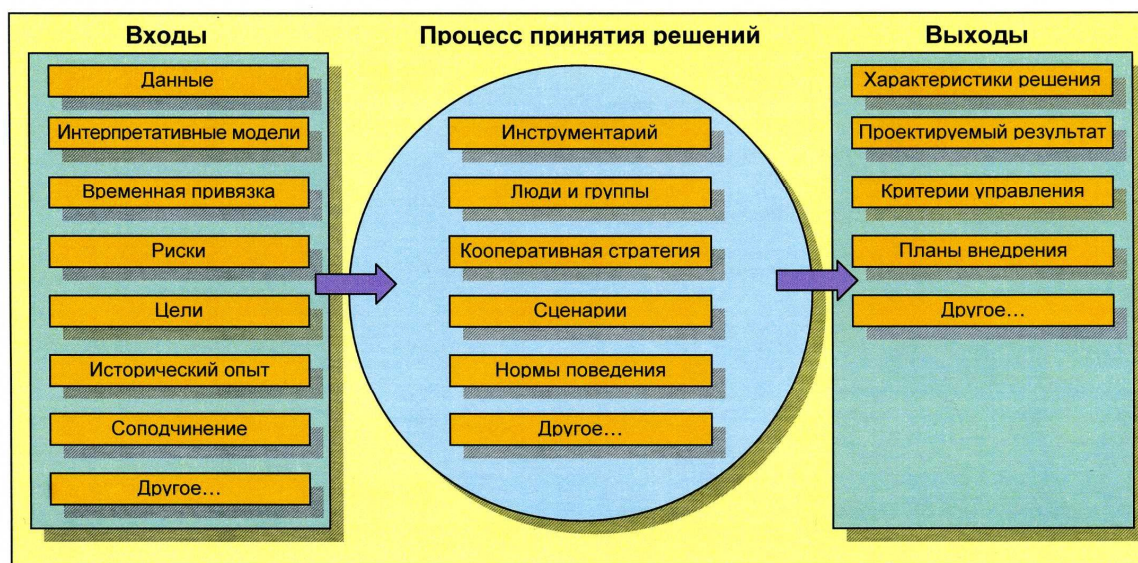


Рисунок 1 – Концептуальная модель процесса принятия решений

Определения и типы систем поддержки принятия решений. СППР определяется как человеко-компьютерная система, которая занимается проблемой, в ситуации, когда хотя бы какой-то этап плохо структурирован или не структурирован [22]. G. Simon в 1960 г. описал проблемы решения, существующие на континууме от запрограммированных (рутинных, хорошо структурированных и легко разрешенных) к не запрограммированным (новым, плохо структурированным и трудным для решения) [21]. Keen в 1980 г. определил СППР как концепцию роли компьютеров в процессе принятия решений. Определяя роль компьютеров структурой решаемой задачи, Keen учитывает требование отличительной стратегии проектирования СППР, как стратегии поддержания, которая поддерживает когнитивные процессы отдельных лиц, принимающих решения, и отражает стратегию реализации, которая делает компьютеры полезными для менеджеров [12]. Haettenschwiler [9] различает три типа СППР: пассивная, активная и совместная СППР:

- пассивная СППР представляет систему, поддерживающую процесс принятия решений, но такая система не может принимать варианты или решения;
- активная СППР может генерировать предложения для выбора (возможные решения);
- совместная СППР позволяет ЛПР использовать содержащиеся в системе знания с целью изменять, дополнять или уточнять рекомендации, принятые СППР относительно объекта управления, перед отправкой их объекту управления. При этом такая СППР улучшает, добавляет и уточняет предложения ЛПР, затем отправляет их ЛПР для проверки.

Sprague и Carlson определили СППР как класс информационных систем, которые позволяют ЛПР использовать обработку потоков данных с целью извлечения знаний, представленных в форме закономерностей, позволяющих повысить эффективность процессов принятия решений по управлению [22].

D.J. Power определяет СППР как интерактивные человеко-компьютерные системы, которые помогают людям использовать компьютерные коммуникации и электронные формы представления данных, документов, знаний и моделей для решения проблем в процессе принятия решений [15, 16].

Приведенный обзор толкований термина СППР показывает, что его понимание разными авторами в определенной степени отличается. Несмотря на это, в России и мире разработки СППР различных типов осуществляются достаточно активно.

Архитектура СППР. На рисунке 2 представлена концептуальная схема взаимодействия компонентов СППР. Основными компонентами СППР являются:

- система управления базами данных (СУБД).

СУБД представляет собой программный продукт, который отвечает за доступ к данным, а также управляет внутренними и внешними данными и документами, хранимыми в базах данных;

- система управления моделью данных (model base management system, MBMS).

MBMS использует различные виды математических и аналитических моделей или симуляций для представления и анализа сложных данных;

- система управления знаниями (knowledge management system, KMS).

KMS отвечает за интеллектуальную обработку данных и накопление знаний, как экспертных, так выявленных алгоритмически;

- пользовательский интерфейс.

Данный компонент обеспечивает взаимодействие ЛПР и других возможных пользователей с системой.

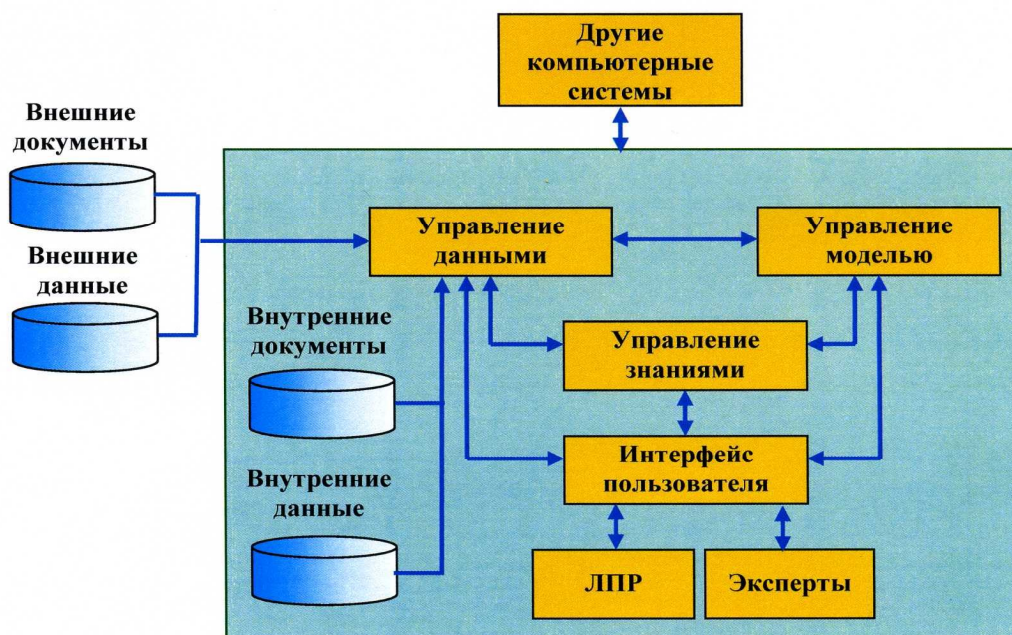


Рисунок 2 – Схема взаимодействия компонентов СППР

В публикациях [2, 15] выделяют пять существующих типов СППР:

Model-Driven – в основе лежат классические модели (линейные модели, модели управления запасами, транспортные, финансовые и т.п.);

Data-Driven – модели на основе исторических данных;

Communication-Driven – системы на основе группового принятия решений экспертами (системы фасилитации обмена мнениями и подсчета средних экспертных значений);

Document-Driven – по сути проиндексированные (часто являющиеся многомерным) хранилища документов;

Knowledge-Driven – на основе знаний, как экспертных, так и выводимых алгоритмически.

Можно заметить, что указанные типы СППР ориентированы на определенный компонент архитектуры. Так Model-Driven ориентировано на компонент управления моделью данных, Communication-Driven ориентировано на компонент пользовательского интерфейса, Document-Driven и Data-Driven ориентированы на компонент управления базами данных, а Knowledge-Driven ориентировано на компонент управления знаниями. Разница между Document-Driven и Data-Driven заключается в том, что Document-Driven DSS ориентирована на обработку неструктурированных и слабоструктурированных данных, а Data-Driven DSS ориентирована на обработку структурированных данных.

На рисунке 3 представлено соответствие типов СППР и компонентов архитектуры СППР.

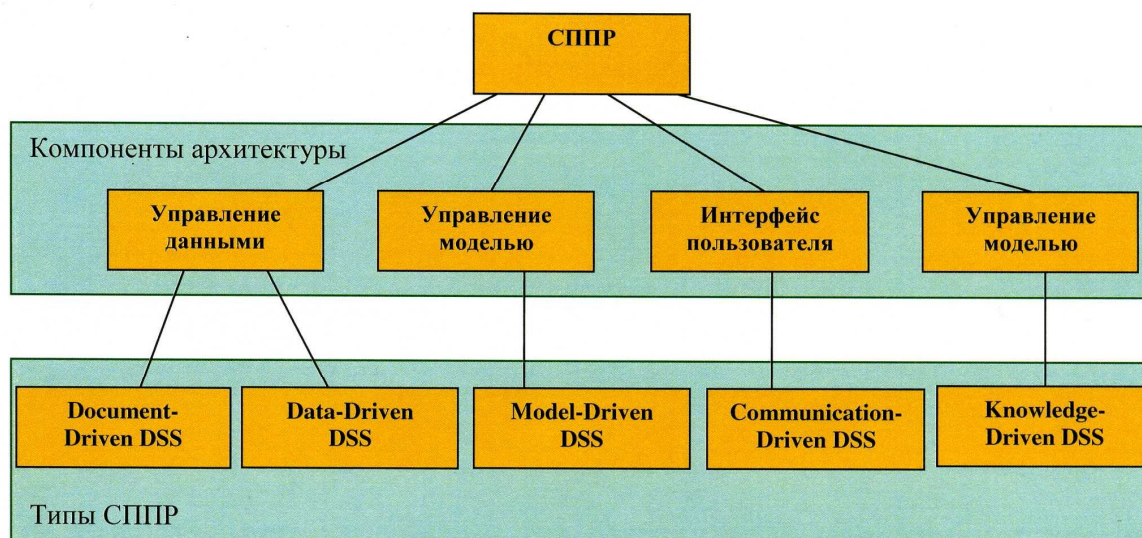


Рисунок 3 – Таксономия СППР

Если считать, что архитектура СППР всегда соответствует рисунку 2 и данные однозначно делятся на структурированные и неструктурированные, то данная классификация СППР является полной.

Различные типы СППР состоят из разнообразных вспомогательных технологий и методов поддержки принятия решений. Ниже эти направления разработки СППР рассматриваются более подробно.

СППР, управляемая моделями (*Model-driven DSS, MD DSS*). MD DSS использует алгебраические решения, аналитические, финансовые, оптимизационные и имитационные модели для поддержки принятия решений [16, 17]. Такого рода MD DSS предназначены для управления пользовательскими параметрами модели и поддержки лиц, принимающих решения, при анализе конкретной ситуации. Для MD DSS нет необходимости в больших базах данных (БД), но для проведения конкретных анализов их, возможно, нужно будет извлекать из БД. Основным компонентом архитектуры MD DSS являются одна или несколько количественных моделей, которые обеспечивают возможность формировать варианты возможных решений. Аналитические инструменты, основанные на алгебраических моделях, выделяют элементарный уровень функциональности. Они многократно используются при создании приложений MD DSS. Обычно алгебраические модели разрабатываются в форме таблиц принятия решений. С целью создания более сложных моделей для принятия решений используются модели анализа решений, оптимизации и математического программирования, а также методы моделирования.

Подходы, основанные на MD DSS, предназначены для того, чтобы пользователь мог манипулировать параметрами модели и поддерживать ЛПР при анализе данной ситуации, MD DSS не требуют переработки большого количества данных. Модели в MD DSS представляют собой формализацию реальности. Модели анализа принятия решений относятся к статистическим инструментам и методам, таким как анализ иерархий (Analytic Hierarchy Process, АНП), анализ дерева решений, многокритериальный анализ решений и вероятностное прогнозирование. Целью анализа решений является выявление наиболее благоприятной альтернативы в конкретной ситуации. Модели оптимизации, интегрированные в DSS, разработаны во многих средах. Особенно это касается области управления производством и операциями, а также управления цепочками поставок, где оптимизационные модели стали важной областью для DSS [6, 13]. Сегодня различные модели поддержки принятия решений доступны для разных уровней цепочки поставок, включая планирование производства, управление спросом и планирование логистики. В MD DSS с использованием методов моделирования и быстрого моделирования (*rapid modeling*) проводят многочисленные вычислительные эксперименты, чтобы выявить влияние альтернативных условий и возможных направлений действий. Для поддержки принятия решений в области управления цепочками поставок широко используются, в частности, несколько видов имитационных методов, в том числе моделирование методом Монте-Карло, дискретное моделирование, агентное и многоагентное моделирование, системная динамика, визуальное моделирование и др.

СППР, управляемая данными (*Data-driven DSS, DD DSS*). DD DSS обеспечивает доступ к структурированным данным и их манипулированию, в частности с целью строить и обрабатывать временные ряды внутренних, а также внешних данных компании, данных поступающих в реальном времени. DD DSS разделяются по функциональным признакам.

К простым DD DSS обычно относят файловые системы, к которым обращаются инструменты выполнения запроса и поиска данных, обеспечивающие элементарный уровень функциональности. К

сложным СППР такого типа относят такие системы управления, как база данных или управленческая информационная система. Они позволяют манипулировать данными с помощью компьютеризированных инструментов, обеспечивают более глубокие функциональные возможности. Подобные системы зачастую лучше выполняют задачу обработки и фильтрации массивов данных. Пользователь DD DSS имеет возможность получать уведомление о поступлении новых данных по интеллектуальному или простому триггеру. Наглядность в подобных приложениях всегда выше, за счет визуализации статистики и анимированные исторических данных.

Примером DD DSS являются системы бизнес-аналитики (Business Intelligence, BI) или оперативного анализа данных (Online Analytical Processing, OLAP) [15]. Такие системы включают второй тип DD DSS в общий цикл аналитики и обеспечивают поддержку принятия решений. Системы бизнес-аналитики помогают организациям принимать решения с использованием современных технологий для подготовки отчетности; доступа к данным; использованию аналитических методов. В целом, системы BI помогают формулировать решения путем запуска, манипулирования и анализа данных или информации, хранящихся в исторических базах данных. Основная задача BI и OLAP заключается в повышении качества информации, доступной для принятия решений. Такое повышение качества определяется улучшением обработки данных. В этом случае ключевыми требованиями типичной DD DSS, являются следующие: обеспечение доступа к большому объему данных; и, в то же время, высокое качество базовых данных. Успех DSS всегда зависит от доступа к точным, хорошо структурированным и организованным данным [19]. Если эти требования не будут выполнены, DD DSS не будет работать эффективно.

Отметим, что в настоящее время значительный объем проводимых исследований касается так называемых «больших данных» (BigData). В техническом плане работа с «большими данными» связана с использованием специальных алгоритмических решений и программных средств, обеспечивающих вычислительно эффективные средства работы с большими объемами данных. В связи с этим интенсивно используются подходы на основе «хранилищ данных», построенных на основе идеологии «многомерного куба данных» [1].

СППР, основанная на коммуникациях (*Communication-driven DSS, CD DSS*). Как правило, CD DSS основана на гибридных сетевых и электронных коммуникационных технологиях, используемых для подключения лиц, принимающих решения, и создания среды совместного использования ими ресурсов и информации; поддержки сотрудничества и коммуникации между группой лиц, принимающих решения. Одна большая подкатегория принятия решений, разработанная в течение нескольких лет исследований в этой области, – это групповое решение, позднее расширенное в так называемые системы поддержки принятия групповых решений (Group Decision Support Systems, GDSS). Такие системы включают методы структурирования проблем, включая инструменты планирования и моделирования. На этом этапе связь между отдельными приложениями DSS очевидна. Другая идея коммуникационных СППР – системы совместной поддержки принятия решений (Collaborative Decision Support Systems, CDSS). Они представляют собой интерактивные компьютерные системы, в которых группа лиц, принимающих решения, работает в команде, чтобы найти оптимальные решения и альтернативы для признанных, новых и плохо структурированных проблем. Современные разработки в сфере информационных технологий с интегрированными инструментами моделирования и анализа обеспечивают удобную среду для изучения возможных решений и процессов принятия решений.

СППР, основанная на документах (*Document-driven DSS, DocD DSS*). Количество документов, корреспонденции, изображений, звуковых, видео и гипертекстовых документов, хранящихся и обрабатываемых в корпоративных системах, постоянно увеличивается, в том числе за счет накопления с течением времени. Поэтому на протяжении многих лет управление документами становится все более важным для компаний. Подходы, основанные на документации, используются для предоставления документам структуры для лучшей поддержки принятия решений. Сегодня существуют огромные базы данных документов, а всемирные веб-технологии увеличили развитие DocD DSS [20]. Примерами инструментов для принятия решений являются поисковые системы, связанные с DocD DSS, такие как WebCrawler или Alta Vista. В основном документы, которые могут использоваться для принятия решений, не стандартизированы в виде единой схемы. Поэтому, поиск информации часто осуществляется в больших и сверхбольших хранилищах неструктурированных или слабоструктурированных данных.

СППР, основанная на знаниях (*Knowledge-driven DSS, KD DSS*). KD DSS сформировались в форме интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) или в более широком смысле в форме систем искусственного интеллекта (ИИ). Как системы ИИ (Artificial Intelligence, AI) KD DSS представляют собой компьютерные системы рассуждений с тем отличием, что в них интегрированы технологии ИИ (AI technologies), управленческие экспертные системы (management expert systems), технологии интеллектуального анализа данных (data mining technologies) [15] и механизмы коммуникации (communication mechanisms). Интеллектуальные СППР делятся на две эволюционные разработки.

Первым поколением этих систем были экспертные системы, основанные на правилах [7]. Они широко используются для планирования в производственных системах [15]. Экспертные системы ос-

нованы на использовании эвристик, понимаемых как стратегии, приводящие к правильному решению проблемы. Для этих систем всегда необходимо использовать человеческие экспертные знания, собранные в базе знаний, для решения проблем. Второе поколение этих систем использует нейронные сети, нечёткую логику и генетические алгоритмы. Последние в некотором смысле похожи на модели линейного программирования и проводят случайные эксперименты, выбирая переменные без идентифицированных значений, чтобы найти оптимум функции пригодности [11]. Программные реализации генетических алгоритмов объединяют гены для генерации оптимизированного значения и применяются к задачам оптимизации комбинаторных и дискретных параметров. Следовательно, KD DSS нацелена на выявление конкретных знаний, различных инструментов и технологий для интеллектуального анализа данных (Data Mining, DM).

Комплексные подходы к использованию СППР. В настоящее время компании пытаются автоматизировать всё больше своих бизнес-процессов, технологических процессов производства и пр. Одно из направлений такой автоматизации – это управление данными, что имеет решающее значение для поддержки принятия решений на объекте. Для эффективной обработки данных необходимо использовать технологические драйверы [3]. СППР для своего успешного использования требуют отфильтрованных, структурированных данных, уже загруженных в базу данных. Поэтому данные должны быть обработаны и превращены в знания. Следующие шаги показывают процесс интеллектуализации анализа данных [10]:

- 1) очистка данных и определение целей их обработки.

На первом шаге отфильтровываются несогласованные и ошибочные данные; устанавливаются цели по их обработке;

- 2) интеграция данных.

Данные поступают из разных источников данных. Поэтому на шаге интеграции осуществляется объединение и комбинирование данных из различных источников;

- 3) выбор данных.

Выбор полезных данных, имеющих отношение к процессам их анализа;

- 4) преобразование данных.

Эта фаза соответствует переходу от неструктурированных или слабоструктурированных данных к структурированным данным, т.е. к их представлению в единой форме, обеспечивающей возможность дальнейшей обработки;

- 5) обработка данных с целью выявления скрытых/неявных зависимостей (Data mining).

Пятый шаг представляет основной ключевой процесс, в котором функции и алгоритмы обработки данных применяются для обнаружения знаний в накопленных данных. На этом этапе осуществляется поиск функциональных и логических закономерностей в накопленных данных, а также построение моделей и правил, объясняющих обнаруженные закономерности и с определенной вероятностью прогнозирующих развитие процессов на объекте управления;

- 6) оценка результатов.

Полученные результаты должны соответствовать целям обработки данных, установленным на первом этапе процесса. Преимущество извлеченных знаний, полученных в результате обработки данных, теперь измеримо и подходит для проведения дальнейших манипуляций с ними;

- 7) использование знаний.

Заключительный этап – принятие решения на основе применения знаний, извлеченных с помощью методов Data mining.

Для приложений по всем этим направлениям работы крайне важно создать хорошо спроектированный, удобный пользовательский интерфейс СППР. Качество интерфейса, включая панель инструментов, влияет на то, как ЛПР просматривает результаты процесса обработки данных и, следовательно, влияет на результаты выбора окончательного решения [15].

Рынок СППР. Рынок СППР характеризует большая сегментация по отраслевой принадлежности. Это приводит к нишевому характеру решений СППР. Тем не менее суммарный рост рынка DSS-решений является устойчивой тенденцией.

В качестве примера можно взять медицину, где подобные программные решения называют системами поддержки принятия врачебных решений (СППВР) или Clinical decision support system (CDSS). Драйвером для развития рынка CDSS-систем стала повсеместная цифровизация медицины. Переход на электронные медицинские карты уже повсеместно состоялся и отрасль получила возможность предлагать действительно эффективные и востребованные на массовом уровне решения, реально позволяющие ускорить обработку массива клинических данных пациента, сократить врачебные ошибки и тем самым повысить качество лечебно-диагностического процесса.

На рисунке 4 показана динамика рынка CDSS согласно отчету Prescient & Strategic Intelligence [8]. Как мы видим, рынок показывает устойчивый рост не менее 20 % в год.

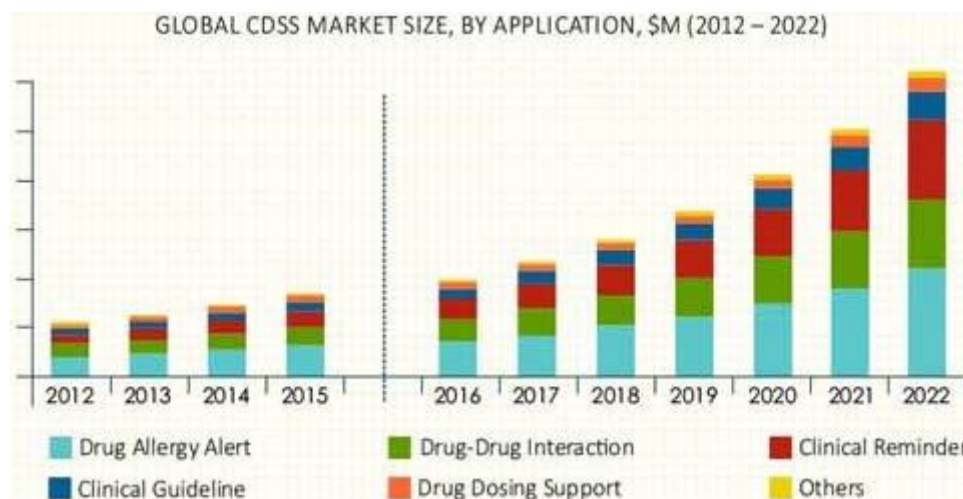


Рисунок 4 – Рост рынка CDSS

О росте рынка СППР также свидетельствуют данные Seagate и IDC [3], которые говорят, что к 2025 г. общий объем данных в мире достигнет 163 зеттабайт, причем доля информации, хранящейся в корпоративных системах, увеличится с 38 (2017 г.) до 57 %. Очевидно, что при таких темпах роста увеличения данных, на СППР накладываются жесткие требования по обеспечению возможности масштабирования и поддержанию адекватной скорости работы. Рост объема данных, а также разработка новых алгоритмов и методов обработки данных приводит к необходимости постоянной актуализации существующих и разработки новых СППР на более высоком технологическом уровне. Это в свою очередь также будет подстегивать рост рынка СППР.

Тенденции развития и направления дальнейших исследований в области поддержки принятия решений. Ниже мы перечислим только основные направления – исходя из анализа существующего положения и имеющихся тенденций.

1. Интеллектуальное принятие решений (Intelligent decision making) является одним из текущих ключевых терминов в области исследований СППР. Оно взаимосвязано с развитием современного бизнеса. Потенциал больших данных и продвинутые методы искусственного интеллекта предлагают новые идеи для инноваций в СППР и принятия решений в форме более объективных и основанных на фактических данных «умных решений» (smart decisions) [4, 24]. Ключевой аспект этих интеллектуальных систем – использование усовершенствованных методов анализа данных. Результат принятия решений является успешным только тогда, когда он обеспечивает получение адекватных характеристик на основе хорошо структурированных и проанализированных данных. Что касается рассмотренных выше приложений СППР, то исследования и разработки в этой области получают значительные преимущества от прогресса в области больших баз данных, взаимодействия компьютерной составляющей СППР и человека в области ИИ.

2. СППР, управляемые данными, будут использовать доступ в режиме реального времени к более крупным и лучше интегрированным базам данных.

3. Сложность и реалистичность СППР, управляемых моделями, значительно возрастут.

4. СППР, основанные на коммуникациях получают поддержку видеосвязи в режиме реального времени, а исследования в СППР на основе совместной работы достигнут нового уровня.

5. СППР, основанные на знаниях, становятся все более развитыми по своему содержанию.

Решения, принятые для оптимизации эффективности и производительности производственных систем, варьируют от стратегического уровня до тактического и оперативного уровней планирования производства и контроля. Производительность производственной системы может быть максимизирована за счет автоматизации этих решений с помощью инновационных алгоритмов и интеллектуальных программных приложений, основанных на знаниях в области производства и управления операциями. Для решения таких сложных задач принятия решений и управления на практике обычно выполняется структурирование объекта в подзонах. Поэтому, в конечном итоге, реализуется сеть агентов, которая разделяется как по горизонтали, так и по вертикали [5]. Такие агенты могут работать в основном автономно на основе своих моделей и баз знаний или совместно с ЛПР – в форме систем предлагаемых рекомендаций. Для достижения целей совершенствования анализа, диагностики, прогнозирования и качества решений кооперативных агентов методами из областей модельного обоснования, автоматизированного принятия решений, машинного обучения, диагностики, конфигурации на основе знаний, планирования и управления, необходимы СППР соответствующего типа.

Заключение. Проведенный в статье контент-анализ архитектуры и таксономии СППР показал, что СППР предлагают множество возможностей для их применения. Спрос на различные типы СППР показывает стабильный рост. Раскрыты основные тенденции развития СППР, в том числе исследование вопросов моделирования СППР, представленной в форме интеллектуальной многоагентной СППР.

Библиографический список

1. Барсегян А. А. Анализ данных и процессов : учеб. пос. / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс, С. И. Елизаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – С. 50–67.
2. Голубев П. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений – краткий обзор / П. Голубев. – Режим доступа: <https://habr.com/company/ods/blog/359188/>, свободный. Заглавие с экрана. – Яз. рус.
3. Резванов А. К 2025 году общий объем данных в мире достигнет 163 зеттабайт / А. Резванов – Режим доступа: <http://www.macster.ru/news/170412-k-2025-godu-obshchiy-obem-dannykh-v-mire-dostignet-163-zettabayt>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.10.18).
4. Abbasi A. Big data research in information systems: Toward an inclusive research agenda / A. Abbasi et al. // Journal of the Association for Information Systems. – 2016. – Vol. 17 (2). – P. 3–14.
5. Andreadis G. Classification and review of multi-agents systems in the manufacturing section / G. Andreadis et al. // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 69. – P. 282–290.
6. Borodin V. Handling uncertainty in agricultural supply chain management: a state of the art / V. Borodin et al. // European Journal of Operational Research. – 2016. – Vol. 254 (2). – P. 348–359.
7. Chakir A. A decision approach to select the best framework to treat an it problem by using multi-agent system and expert systems / A. Chakir et al. // Advances in Ubiquitous Networking. – Springer, 2016. – P. 499–511.
8. Global Clinical Decision Support System (CDSS) Market Size, Share, Development, Growth and Demand Forecast to 2022. – Режим доступа: <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/clinical-decision-support-system-market/toc>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 04.10.18).
9. Haettenschwiler P. Neues anwenderfreundliches konzept der entscheidungsunterstuetzung / P. Haettenschwiler. Zurich : vdf Hochschulverlag AG, 2001. – P. 189–208.
10. Han J. Data Mining Concepts and Techniques / J. Han et al. – Waltham, USA : Morgan Kaufmann, 2012.
11. Kar A. K. A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural network / A. K. Kar // Journal of Computational Science. – 2015. – Vol. 6. – P. 23–33.
12. Keen P. G., Scott-Morton M. S. Decision Support Systems: An Organizational Perspective / P. G. Keen, M. S. Scott-Morton. – Reading, Massachusetts : Addison-Wesley, 1978.
13. Mansouri S. A. Decision support for build-to-order supply chain management through multiobjective optimization / S. A. Mansouri et al. // International Journal of Production Economics. – 2012. – Vol. 135 (1). – P. 24–36.
14. Power D. J. Decision support systems: Concepts and resources for managers / D. J. Power. – NY : Greenwood Publishing Group, 2002.
15. Power D. J. Decision support systems: a historical overview / D. J. Power // Handbook on Decision Support Systems 1. – Springer, 2008. – P. 121–140.
16. Power D. J. Model-driven decision support systems: Concepts and research directions / D. J. Power, R. Sharda // Decision Support Systems. – 2007. – Vol. 43 (3). – P. 1044–1061.
17. Power D. J. Model-driven decision support systems: Concepts and research directions / D. J. Power, R. Sharda // Decision Support Systems. – 2007. – Vol. 43. – P. 1044 – 1061.
18. Power D. J. Supporting decision-makers: An expanded framework / D. J. Power // e-Proceedings Informing Science Conference. – Krakow, Poland, 2001. – P. 431–436.
19. Power D. J. Understanding data-driven decision support systems // Information Systems Management. – 2008. – Vol. 25 (2). – P. 149–154.
20. Power D. J. A brief history of decision support systems / D. J. Power. – Режим доступа: <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
21. Simon H. A. The new science of management decision / H. A. Simon. – Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, 1977.
22. Sprague R. H. Building effective decision support systems / R. H. Sprague, E. D. Carlson. – Prentice Hall Professional Technical Reference, 1982.
23. Wang S. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination / S. Wang et al. // Computer Networks. – 2016. – Vol. 101. – P. 158–168.
24. Zhou H. A big data based intelligent decision support system for sustainable regional development / H. Zhou et al. // 2015 IEEE International Conference on Smart City/SocialCom/SustainCom (SmartCity), IEEE. – 2015. – P. 822–826.

References

1. Barsегyan A. A., Kupriyanov M. S., Holod I. I., Tess M. D., Elizarov S. I. *Analiz dannykh i protsessov: uchebnoe posobie* [Data and process analysis: tutorial]. 3rd ed. rev. and add. SPb., BHV-Peterburg, 2009, pp. 50–67.
2. Golubev P. *Intellektualnye sistemy podderzhki prinyatiya reshenij – kratkij obzor* [Intelligent decision support systems - brief overview]. – Available at: <https://habr.com/company/ods/blog/359188/>.
3. Rezvanov A. *K 2025 godu obshchij ob'em dannyh v mire dostignet 163 zettabayt* [By 2025, the total amount of data in the world will reach 163 zettabytes]. Available at: <http://www.macster.ru/news/170412-k-2025-godu-obshchiy-obem-dannykh-v-mire-dostignet-163-zettabayt> (accessed 04.10.18)
4. Abbasi A. et al. Big data research in information systems: Toward an inclusive research agenda. *Journal of the Association for Information Systems*, 2016, vol. 17 (2), pp. 3–14.

5. Andreadis G. et al. Classification and review of multi-agents systems in the manufacturing section. *Procedia Engineering*, 2014, vol. 69, pp. 282–290.
6. Borodin V. et al. Handling uncertainty in agricultural supply chain management: a state of the art. *European Journal of Operational Research*, 2016, vol. 254 (2), pp. 348–359.
7. Chakir A. et al. A decision approach to select the best framework to treat an it problem by using multi-agent system and expert systems. *Advances in Ubiquitous Networking*. Springer, 2016, pp. 499–511.
8. *Global Clinical Decision Support System (CDSS) Market Size, Share, Development, Growth and Demand Forecast to 2022*. Available at: <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/clinical-decision-support-system-market/toc> (accessed 04.10.18)
9. Haettenschwiler P. *Neues anwenderfreundliches konzept der entscheidungsunterstützung*. Zurich, vdf Hochschulverlag AG, 2001, pp. 189–208.
10. Han J. et al. *Data Mining Concepts and Techniques*. Waltham, USA, Morgan Kaufmann, 2012.
11. Kar A. K. A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural network. *Journal of Computational Science*, 2015, vol. 6, pp. 23–33.
12. Keen P. G., Scott-Morton M. S. *Decision Support Systems: An Organizational Perspective*. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 1978.
13. Mansouri S. A. et al. Decision support for build-to-order supply chain management through multiobjective optimization. *International Journal of Production Economics*, 2012, vol. 135 (1), pp. 24–36.
14. Power D. J. *Decision support systems: Concepts and resources for managers*. NY, Greenwood Publishing Group, 2002.
15. Power D. J. Decision support systems: a historical overview. *Handbook on Decision Support Systems 1*. Springer, 2008, pp. 121–140.
16. Power D. J., Sharda R. Model-driven decision support systems: Concepts and research directions. *Decision Support Systems*, 2007, vol. 43 (3), pp. 1044–1061.
17. Power D. J., Shada R. Model-driven decision support systems: Concepts and research directions. *Decision Support Systems*, 2007, vol. 43, pp. 1044–1061.
18. Power D. J. Supporting decision-makers: An expanded framework. *e-Proceedings Informing Science Conference*. Krakow, Poland, 2001, pp. 431–436.
19. Power D.J. Understanding data-driven decision support systems. *Information Systems Management*, 2008, vol. 25 (2), pp. 149–154.
20. Power D. J. *A brief history of decision support systems*. Available at: <http://DSSResources.COM/history/dsshhistory.html>
21. Simon H. A. *The new science of management decision*. Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, 1977.
22. Sprague R. H., Carlson E. D. *Building effective decision support systems*. Prentice Hall Professional Technical Reference, 1982.
23. Wang S. et al. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, 2016, vol. 101, pp. 158–168.
24. Zhou H. et al. A big data based intelligent decision support system for sustainable regional development. *International Conference on Smart City/SocialCom/SustainCom (SmartCity)*, IEEE, 2015, pp. 822–826.