

Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в медицине: ретроспективный обзор состояния исследований и разработок и перспективы

Ефименко И.В.
Semantic Hub,
Москва, Россия
Email: veassi@mail.ru

Хорошевский В.Ф.
Вычислительный центр им. А.А.Дородницына РАН
Федерального исследовательского центра
«Информатика и управления» РАН,
Москва, Россия
Email: khor@ccas.ru

Аннотация—Целью работы является ретроспективный обзор состояния исследований и разработок в области интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР) в медицине. Отмечается, что история современных СППР уходит корнями в создание экспертных систем в 70-х годах XX века. В первых разделах работы представлены задачи «классических» экспертных систем и соответствующие решения. Оставшаяся часть посвящена обсуждению состояния исследований и разработок в области СППР в медицине и здравоохранении в целом, а также их применениям. Различные типы приложений анализируются. В работе приведено более 50 примеров интеллектуальных СППР в медицине.

Ключевые слова—интеллектуальная система поддержки принятия решений, СППР, экспертная система, здравоохранение, медицина, мониторинг здоровья пациентов.

I. ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является обзор основных направлений в области разработки и применения интеллектуальных систем поддержки принятия решений в медицине. Отмечается, что история современных СППР уходит корнями в создание экспертных систем в 70-х годах XX века. В первых разделах работы представлены задачи «классических» экспертных систем и соответствующие решения. Оставшаяся часть посвящена обсуждению вопросов развития и интеграции таких систем в рамках мониторинга здоровья. Различные типы приложений анализируются. В работе приведено более 50 примеров интеллектуальных СППР в медицине. Даются оценки развития рынка интеллектуальных систем поддержки принятия решений в медицине и отмечаются основные тренды в развитии данного класса интеллектуальных систем.

II. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Согласно общепринятому определению, экспертная система (ЭС) – это компьютерная система, способная

частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации (в решении задач, традиционно считающихся трудными для людей-экспертов и не имеющих строгих математических моделей их решения). Современные экспертные системы начали разрабатываться исследователями искусственного интеллекта в 1970-х годах, а в 1980-х получили коммерческое подкрепление. Экспертные медицинские системы предназначены для обеспечения оперативной и систематической помощи медицинскому персоналу в разрешении проблемных ситуаций и принятии решений по вопросам диагностики и лечения пациентов.

Считается, что «классическая» экспертная система решает задачи, обладающие следующими характеристиками:

- задачи не всегда могут быть представлены в числовой форме;
- исходные данные и знания о предметной области неоднозначны, неточны, противоречивы;
- цели нельзя выразить с помощью четко определенной целевой функции;
- не существует однозначного алгоритмического решения задачи (возможность предоставления решений и ответов при наличии исходных данных, сформулированных с той или иной степенью допущения).

Это, в частности, предопределило широкое применение ЭС в медицине (т.к. перечисленные выше свойства являются типичными для медицинских задач).

Важным характеристическим признаком ЭС является наличие подсистемы объяснения (предполагает способность описания и обоснования цепочек предложенных рассуждений и заключений). ЭС должна предусматривать наличие механизма формирования разграниченных выводов; не только генерацию диагноза,

рекомендаций или советов, касающихся отдельных случаев, но и возможность формулирования предложений о том, что произошло с исследуемым объектом; возможность постепенного расширения и модернизации функционала.

Следует отметить, что идея 80-х, состоящая в том, что систему практического уровня значимости можно наполнить сведениями, полученными от людей-экспертов, к настоящему моменту фактически ушла в прошлое. На смену ей пришла парадигма обработки больших данных для приобретения знаний. Границы понятия ЭС размываются, и в настоящий момент целесообразно говорить о таких ИТ-решениях, как интеллектуальные медицинские системы, системы поддержки принятия решений, СППР в медицине / сфере здоровья (уже в настоящий момент и в перспективе – также сервисы поддержки принятия решений, в т.ч. для b2c сегмента), в международной практике - clinical decision support system, medical decision support systems, а также управление знаниями в медицинской сфере (clinical knowledge management technologies).

Полный обзор СППР и ЭС в медицине, конечно же, не представляется возможным. Так, уже в 1987 году в мире было представлено около 1000 ЭС, а сегодня уже никто подсчета не занимается. Но, как показывает анализ, число экспертных систем растет по экспоненте, при этом совершенствуются методы и алгоритмы вывода решений, увеличивается количество фактов и правил в базах знаний.

III. Функции ЭС и СППР в медицине. Типы ЭС и СППР

СППР в медицине предназначены для решения следующих задач: подача тревожных сигналов и напоминаний, ассистирование в процессе диагностики, поиск подходящих случаев (прецедентов), контроль и планирование терапии, распознавание и интерпретация образов. Важная функция СППР - распространение «лучших практик», в т.ч. международных. Чаще всего СППР используются именно для помощи при постановке диагноза, назначении и, при необходимости, корректировке назначенного лечения. Однако область их применения охватывает все уровни заботы о здоровье:

- Профилактика (в процессах иммунизации, скрининга, при разработке системы профилактических мероприятий – как для отдельного пациента, так и для группы, и т.п.);
- Диагностика (дифференциальная диагностика);
- Лечение (назначение, в т.ч. подбор лекарственных препаратов с учетом совместимости, противопоказаний, индивидуальных особенностей пациента и т.п., мониторинг и контроль, например, в интересах выявления рисков, опасных событий, угроз с немедленным уведомлением лечащего врача и иных ответственных лиц);
- Отслеживание состояния после завершения основного лечения (мониторинг на разных стадиях

и для разных категорий пациентов, в т.ч. мониторинг пациентов с ХНИЗ).

В международной (в ряде случаев – и в российской) практике СППР часто встраиваются в более общие медицинские информационные системы (МИС) клиник, ЛПУ.

В особый класс можно выделить системы интерпретации медицинских изображений, в частности, МРТ и КТ (правда, по оценкам некоторых экспертов, такие системы работают пока нестабильно и в 2/3 случаев оказываются недоступны для использования в реальной практике – результаты исследования, представленные в 2015 году в Journal of the American Medical Association¹). При этом аналитики включают развитие СППР в области медицинской визуализации в число важнейших технологических трендов на ближайшие годы (еще одним важным трендом является развитие систем в области кардиологии).

Если говорить более детально, СППР в клинической медицине могут выполнять следующие функции²:

- дифференциальная диагностика и выбор лечения в широком круге нозологических форм (здесь важно подчеркнуть именно большое число дифференцируемых заболеваний, в том числе редких);
- подготовка решений вне зависимости от выраженности клинических проявлений болезни, что предполагает диагностику при ранних формах заболеваний и стертой клинической картине;
- учет фоновых состояний (сопутствующих заболеваний) пациента, что особенно важно при подборе лечения;
- анализ динамики патологического процесса с прогнозом потенциально возможных неблагоприятных ситуаций (при учете проводимой терапии, включая и побочные эффекты медикаментов);
- оценка состояния в режиме «реального» времени, что может быть достигнуто при актуализации за счет информации, поступающей с приборных комплексов и персональных систем.

СППР в сфере здоровья часто основаны на анализе прецедентов и принципах доказательной медицины (case- или evidence-based подходы), при этом используются сведения как из практики, так и из результатов научных исследований. В некоторых системах предусмотрен функционал накопления базы негативных кейсов (неправильно поставленные диагнозы, ошибочно назначенная терапия и др.), которая затем используется не только в практической деятельности медицинских

¹ <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/biomedical/diagnostics/fail-computerized-clinical-decision-support-systems>

² Кобринский Б. А. Особенности медицинских интеллектуальных систем. // Информационно-измерительные и управляющие системы. - 2013. - № 5. С. 58-64.

специалистов при работе с пациентами, но и для оценки состояния здравоохранения в стране.

Другими типами СППР являются:

- СППР для автоматизации административно-хозяйственных процессов (во многом подобны ERP, также должны быть нацелены на задачи стандартизации системы здравоохранения, трансляции лучших отечественных медицинских практик на всех ее уровнях и пр.):
 - СППР для управления расходами ЛПУ и пациента: поиск оптимальных сценариев диагностики (в т.ч. для того, чтобы избежать ненужных и/или дублирующих друг друга обследований), оптимизация числа койко-дней для стационаров, закупка лекарственных препаратов и т.п.;
 - СППР для управления здравоохранением на уровне региона, страны.

Также СППР играют роль образовательных платформ и средств повышения квалификации врачей, в т.ч. в составе телемедицинских систем дистанционного обучения. Кроме того, они обеспечивают поддержку проведения медицинских исследований (что также является значимым трендом последних лет, обеспечивается за счет накопления и интерпретации больших объемов разнородной медицинской информации – первичной и вторичной).

Как указывалось выше, одной из главных задач СППР в медицине по-прежнему, со времени первых систем, остается дифференциальная диагностика (как следствие – снижение числа врачебных ошибок и повышение уровня безопасности пациента). Решение этой задачи крайне актуально и в РФ, и в мире. Согласно данным, приводимым компанией Socmedica, в США 440 000 пациентов в год умирают от врачебных ошибок (затраты на врачебные ошибки – \$7,3 млрд. в год), в РФ 50 000 пациентов в год умирают от врачебных ошибок, 170 000 становятся инвалидами.

IV. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ СППР В МЕДИЦИНЕ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Исследования в области использования искусственного интеллекта в медицине начались в конце 60-х-начале 70-х гг. XX века. Первые примеры включают в себя такие системы, как AARHELP (Университет Лидса, задача – поиск причины резких болей и принятие решения о необходимости хирургического вмешательства), INTERNIST (Питтсбургский университет, задача – помощь при постановке диагноза по наблюдаемым симптомам, в т.ч. при наличии возможных «конкурирующих» диагнозов, база медицинских знаний INTERNIST использовалась позднее при коммерческих внедрениях систем CADUCEUS и Quick Medical Reference), CASNET/Glaucoma (Ратгерский университет, задача – поддержка принятия решений при диагностировании глаукомы), ONCOCIN (Стэнфорд, задача – поддержка принятия решений при лечении пациентов, получающих

химиотерапию) и ряд других. Однако наиболее известным решением, которое считается прообразом последующих экспертных систем в медицине («первое убедительное доказательство полезности применения систем, основанных на правилах, в клинической практике»³), стала система MYCIN⁴. Эта система, разработанная в Стэнфорде, была предназначена для оказания помощи специалистам при постановке диагноза и назначении лечения для инфекционных заболеваний (вначале – крови, потом для более широкого спектра заболеваний). MYCIN был основан на системе эвристик, правил вида «если-то» и использовании машины вывода. Платформа (программная оболочка) MYCIN использовалась позднее как основа для разработки других экспертных систем, в т.ч. коммерциализованных и внедренных в клиническую практику.

Коммерциализация экспертных систем в медицине в международной практике началась в 80-е гг. Успешными примерами являются DXplain (Laboratory of Computer Science, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School; база знаний включает более 2000 заболеваний и 5000 симптомов, система развивается и используется до сих пор) и Quick Medical Reference (Питтсбургский университет и First Databank, Калифорния; система использовала знания из медицинской литературы о 700 заболеваниях и более чем 5000 симптомов и лабораторных показателей и могла использоваться и как справочник, и как «эксперт-консультант», формирующий суждения о диагнозе).

Другими примерами известных «классических систем» являются Germwatcher (была разработана в помощь больничному эпидемиологу; содержит большой объем данных по различным микробиологическим культурам. Включает базу знаний, основанную на правилах, которая используется для генерации гипотез о возможных инфекциях); PEIRS (интерпретирует и комментирует отчеты по химическим патологиям. В систему встроены модуль машинного обучения, который позволяет патологу создавать новые правила); Puff (предназначена для интерпретации результатов функционального пульмонологического теста; использует прецедентную информацию – десятки тысяч случаев); HELP (полная госпитальная информационная система, основанная на технологиях искусственного интеллекта); SETH (система, предназначенная для анализа токсичности лекарственных средств. Система основана на моделировании экспертных рассуждений, для каждого токсикологического класса учитывающих клинические симптомы и применяемые дозы. Система выполняет мониторинг лечебного процесса, направленный на контроль взаимодействия лекарств); системы в области клинической микробиологии (Vitek2 Compact, BD Phoenix, MicroScan и др.); ATTENDING (пример «критикующей системы» экспертного типа, обеспечивает поиск ошибок в предлагаемом решении и выдвижение альтернативного варианта. Система

³ Tu S.W., Musen M.A. A flexible approach to guideline modeling. //Proc AMIA Symp. 1999, P. 420–424.

⁴ Shortliffe E.H. Computer-Based Medical Consultations: MYCIN. New York: American Elsevier. 1976. 286p.

критикует план предоперационной подготовки и выбор способа анестезии, тем самым обращая внимание на недостатки, требующие исправления, и на опасности, которых можно избежать) и RHEO-ATTENDING (осуществляет оценку действий при назначении дополнительного обследования больному с феохромоцитомой, используя позиции двух конкурирующих медицинских школ).

С начала истории развития и до настоящего времени среди СППР можно выделить узкопрофильные и более универсальные системы. Так, например, «классическим» направлением является поддержка принятия решений в области диагностики и лечения онкологических заболеваний (от систем типа ONCOCIN, LISA – лечение острой лейкемии у детей – и Kasimir до IBM Watson).

V. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ 80-90 ГГ. XX ВЕКА

В 70-90 гг. прошлого века в нашей стране также был разработан ряд ЭС / СППР в медицине, характеризуемых довольно высоким, по тому времени, уровнем и практической значимостью. Полезный обзор таких систем, прежде всего, с акцентом на педиатрию, приведен на сайте⁵.

Примером такой системы является созданная в Московском НИИ педиатрии и детской хирургии автоматизированная система для синдромной диагностики неотложных состояний у детей «ДИН». Эта ЭС содержит информацию о 42 синдромах, которые представляют собой список диагностических предположений-гипотез. Так как выбор лечения во многом определяется прогнозом возможных осложнений, в системе описаны взаимосвязи синдромов, определяемые причинно-следственными, временными и ассоциативными отношениями. Причинно-следственные связи предполагают информацию о синдромах, которые могут быть причиной данного синдрома или, наоборот, являться его следствием. В последнем случае речь идет о прогнозировании возможных осложнений, обусловленных наблюдающимся у ребенка в данный момент синдромом. Временные связи позволяют восстанавливать информацию о предшествующих синдромах, которые могли послужить причиной того состояния, которое имеется в данный момент, что особенно важно для тех случаев, когда ребенок поступает в отделение реанимации без анамнеза.

Другой пример - программный комплекс «Айболит» для диагностики, классификации и коррекции терапии острых расстройств кровообращения у детей, созданный в Центре сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева, применявшийся при оперативных вмешательствах и выборе послеоперационного лечения в условиях реанимационного отделения.

Информационная и экспертно-диагностическая система «ДИНАР» для реанимационно-консультативного центра (РКЦ), разработанная Санкт-Петербургской

педиатрической медицинской академией и Свердловской ОДКБ при участии сотрудников Института биофизики УроРАН, позволяла обеспечить дистанционное наблюдение за больными с угрожаемыми состояниями, определение ведущего патологического синдрома и степени тяжести, помощь при выборе лечения, принятие тактического решения с учетом распределения централизованных ресурсов медицинского обеспечения.

СППР получили определенное распространение в хирургии, в частности, в экстренной абдоминальной. Так, А.А. Егоровым и В.С. Микшиной была разработана СППР для определения возможных исходов и способов завершения операции по поводу перитонита (за рубежом также активно развивалось и развивается направление, связанное с хирургией, например, в 2007 г. была разработана СППР для классификации тяжести острого панкреатита и прогнозирования летального исхода, которая базировалась на 10 клинических параметрах, определенных при госпитализации и через 48 часов после поступления в стационар).

Московский НИИ педиатрии и детской хирургии был одним из «центров компетенций» в соответствующей области и разработчиком целого ряда экспертных медицинских систем (пример см. выше). При этом отдельно следует отметить диагностические системы в клинической генетике. В Московском НИИ педиатрии и детской хирургии была создана широко известная система по наследственным болезням у детей «ДИАГЕН», ориентированная на выделение узкого дифференциально-диагностического ряда из 1200 моногенных и хромосомных заболеваний детского возраста на долабораторном этапе обследования детей, т. е. до проведения специальных дорогостоящих исследований, позволяющих окончательно уточнить диагноз. Она включала, среди прочего, фотоархив, содержащий более 1000 изображений характерных фенотипических проявлений данных болезней и синдромов. В системе была предусмотрена и работа в условиях неопределенных и неточных исходных данных. В Центральном институте травматологии и ортопедии (ЦИТО) им. Н.Н. Приорова, при использовании разработок Центра искусственного интеллекта ИПС РАН, была создана система автоматизированной диагностики остеохондродисплазий у детей, включающая методику определения оптимальной тактики лечения больных с этими заболеваниями. В Медико-генетическом научном центре РАМН были разработаны система по хромосомной патологии SYNGEN, включающая более 1900 синдромов врожденных пороков развития (ВПР) и система CHRODYS (600 ВПР, включая видеотеку на некоторую часть из них), позволявшая осуществлять анализ фено-кариотипических корреляций при хромосомном дисбалансе.

К сожалению, эти передовые для своего времени системы уже существенно устарели – как в отношении применяемых ИТ-инструментов, алгоритмов, методов и средств, так и в отношении используемых медицинских знаний – и не получили дальнейшего развития. Между тем, например, аналогичная австралийская компьютерная система диагностики наследственных синдромов

5

http://www.rmj.ru/articles/pediatriya/Avtomatizirovannye_diagnosticheskie_i_informacionno-analiticheskie_sistemy_v_pediatrii/

POSSUM⁶, появившаяся примерно в тот же период, активно развивается и используется до сих пор (более того, по сути, представляет собой уже целую платформу с большим количеством дополнительных функционалов, платформа интегрирована с PubMed и т.п.).

Можно говорить об отечественной школе ЭС в медицине, традиции которой была, во многом, утрачена.

VI. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭС И СППР В МЕДИЦИНЕ ЗА РУБЕЖОМ

Примерами современных систем, успешно развиваемых с 2000-х (и в настоящее время), являются следующие:

- IndiGO (Archimedes) – система обеспечивает обработку данных клинической, физиологической природы и сведений об управлении процессом лечения и формирует индивидуализированные протоколы диагностики и лечения с учетом факторов риска, истории болезни, сведений о полученном лечении, биомаркерах и т.п. по конкретному пациенту. На основе информации, считываемой с электронной карты, система IndiGO, в частности, прогнозирует риск таких событий, как сердечный приступ, диабетический криз и т.д. Основой разработки системы стал грант объемом \$15.6 млн., полученный в 2007 году от Robert Wood Johnson Foundation;
- Auminence (Autonomy, исходно была основана в Кэмбридже, Великобритания, теперь является дочерним предприятием Hewlett-Packard) – система дифференциальной диагностики, анализирует сведения о симптомах и др. информацию, выявляет значимые паттерны и формирует диагностический план (checklist);
- [DiagnosisOne](#) (платформа smartPath) – система использует данные об оказанных медицинских услугах и ряд других сведений для поиска упущений и формирования планов лечения, ориентирована на повышение эффективности практической деятельности медицинского специалиста;
- СППР [Isabel Healthcare](#) – система поддержки принятия диагностических решений на основе сведений о симптомах, использует веб-интерфейс, поддерживающий процесс анализа симптомов в процессе дифференциальной диагностики. Также обеспечивает «информационно-аналитическую поддержку point of care», позволяя объединять знания, накопленные, например, конкретным учреждением с научными знаниями от ведущих медицинских издательств. Кроме того, она позиционируется и как образовательная платформа;
- Problem-Knowledge Couplers (Sharecare) – информационно-аналитическая система в сфере

здоровья с широким функционалом (который не всегда можно считать функционалом класса СППР). Интересной особенностью является то, что система позиционируется также в сегменте wellness; кроме того, производитель заявляет, что она ориентирована на донесение знаний до пациентов, конечного потребителя (слоган системы - KNOW YOUR HEALTH). В частности, система может помочь пользователю найти необходимого медицинского специалиста;

- VisualDx – система поддержки диагностических решений с использованием принципов дифференциальной диагностики, также активно используется в образовании (как указано на сайте производителя, используется более чем половиной ведущих медицинских университетов мира, применяется в 1500 клиник и институтов). Обладает рядом уникальных особенностей, в частности, крупнейшей в мире библиотекой медицинских изображений;
- СППР Siemens – системы Protis (интерпретация результатов обследований на основе сведений о большом числе пациентов), PRISCA (анализ факторов риска);
- Nuance – системы поддержки принятия решений для радиологии;
- СППР крупнейших издательств и медиаконгломератов:
 - [Elsevier Clinical Decision Support](#) (дочерняя компания Elsevier Group; известные бренд-имена системы: Mosby's, Gold Standard, Pinpoint, First Consult.) – система основана на использовании огромных массивов научной и клинической информации (медицинские журналы, книги, онлайн ресурсы типа [MD Consult](#)), принадлежащих Elsevier. По сути, это линейка продуктов, предназначенных для информационно-аналитической поддержки медицинских специалистов (в т.ч. при назначении лекарственных препаратов, формировании протоколов, основанных на анализе корпуса кейсов и принципах доказательной медицины) и научных исследований, а также для использования в образовании и для управления эффективностью ЛПУ;
 - Micromedex⁷ (Thomson Reuters) – издательство Thomson Reuters является одним из ключевых провайдеров контента для СППР в медицине и автором собственной разработки Micromedex. Линейка продуктов включает системы Micromedex 360 Care Insights (персонализированная – относительно пациента – поддержка принятия решений, в т.ч. выявление пациентов, входящих в группы риска), Micromedex® Clinical Knowledge Suite (СППР, используемая для назначения

⁶ <http://www.possu.net.au/>

⁷ <http://micromedex.com/>

лечения, выявления токсичности препаратов, управления процессом лечения и др.), Micromedex® Patient Connect Suite (вовлечение пациента в процесс лечения и заботы о здоровье). У систем имеются мобильные версии (например, для оперативной проверки совместимости лекарственных препаратов) для iPhone, Android, BlackBerry. Внедрена в 5500 ЛПУ в 83 странах мира. СППР в медицине развивают и другие издательства и медиаконгломераты (например, Wolters Kluwer Health: БЗ UpToDate и ProVation Order Sets; Hearst: Zynx Health. Интересной спецификой линейки Zynx Health является наличие систем Secure ConText Messaging™ и Mobile Care Navigation Network, обеспечивающих, среди прочего, эффективную коммуникацию врача и пациента, в т.ч. в сложных, «перегруженных» средах).

Говоря о современных СППР в медицине, конечно же, нельзя не упомянуть систему IBM Watson. Аппаратная архитектура Watson такова, что позволяет осуществлять параллельные и распределенные вычисления, т.е. сразу работать с множеством задач в параллельном режиме. Кроме того, выполнять работы сразу на нескольких устройствах, подключенных к головному суперкомпьютеру. После обучения Watson начал использоваться для диагностирования и назначения курсов лечения онкологических больных в нескольких лучших клиниках США. К концу первого года испытаний результаты Watson стали устойчиво превосходить показатели эффективности обычных врачей среднего и хорошего уровня.

В последние годы СППР в медицине активно развиваются в странах Юго-восточной Азии, Ближнего Востока.

Также в направлении СППР развиваются исходно более простые программы, такие как симптом-чекеры и другие программы для конечного (в т.ч. непрофессионального) пользователя. Примеры: WebMD Symptom Checker, DrNow, iPharmacy, EasyDiagnosis и др.

Большинство ведущих СППР систем имеют в настоящее время онлайн- и мобильные версии.

VII. РЫНОК СППР В МЕДИЦИНЕ

В число ключевых игроков в области СППР в медицине входят следующие производители: Accenture, iMDsoft, Quintiles, Clinicmaster, Surgical Information Systems LLC, Allegro CTMS, Clinical Computing, Thermo scientific, ITH icoserve, Promantra, Inc., Haitai Medical Information Systems Co., Clinical Computer Systems, Inc., Healthcare Management Systems SCC Soft Computer и 3M Health Information Systems (по оценкам Grand View Research, Inc., 2015 г.).

По данным Transparency Market Research, такими игроками являются Medical Information Technology, Inc. (Meditech), Epic Systems Corporation, McKesson Corporation, Zynx Health, Siemens Healthcare, Cerner

Corporation, Wolters Kluwer N.V., Philips Healthcare (также по оценкам на 2015 г.).

Исследование Markets And Markets называет ведущими игроками рынка СППР в медицине Agfa Healthcare (Бельгия), athenahealth, Inc. (США), Allscripts Healthcare Solutions, Inc. (США), Carestream Health, Inc. (США), Cerner Corporation (США), Epic (США), GE Healthcare (Великобритания), McKesson Corporation (США), MEDITECH (США), NextGen Healthcare Information System LLC (США), Novarad Corporation (США), Philips Healthcare (Нидерланды), Siemens Healthcare (Германия), Wolters Kluwer (США), и Zynx Health (США), по данным на 2013. По числу инсталляций лидировала компания MEDITECH.

По оценкам Markets and Markets, объем рынка медицинских СППР продолжит рост в ближайшие годы (Рис. 1, по данным Socmedica):

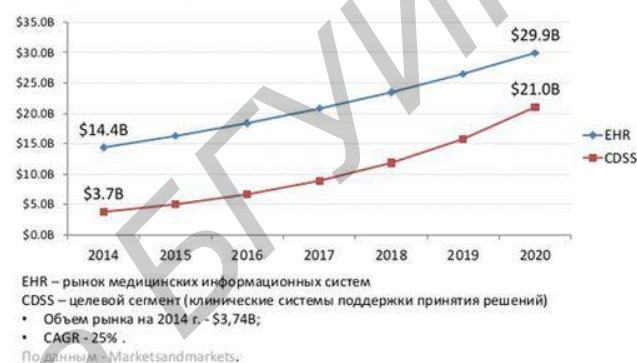


Рисунок 1 - Рост рынка СППР в медицине

Корпорация CDW назвала рост интереса ЛПУ к аналитическим инструментам в числе важнейших трендов и спрогнозировала кратный рост этого направления в ближайшие годы.

Целесообразно также сопоставить такого рода оценки с оценками рынков mHealth и телемедицины (mHealth, по данным PwC, - \$23 млрд. к 2017 году; телемедицина, по оценкам Machina Research, - €70 млрд. к 2020 году). Как представляется, в среднесрочной и долгосрочной перспективе развитие рынков mHealth и телемедицины будет тесно связано с системами и сервисами поддержки принятия решений, что, в свою очередь, приведет к существенному росту рынка соответствующих решений.

Объем российского рынка МИС (пока, в основном, продукты-субституты для СППР, по оценкам Socmedica) составляет 11,5 млрд. руб. в год, темпы роста рынка составляют 9% в год.

Рынок покрывает все сегменты:

- b2b (ЛПУ, страховые компании, производители МИС);
- b2c (пациенты и врачи);
- b2g (органы, ответственные за развитие здравоохранения).

Развитие СППР в медицине поддерживается другими технологическими трендами, такими как работа с большими данными, медицинская визуализация (что, в частности, позволяет пространственно смоделировать типовое развитие патологического процесса при конкретном заболевании).

В США одним из стимулов для внедрения СППР на практике стало подписание в 2009 году акта HITECH (Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act), в некотором роде, обязывающего медицинские учреждения более широко внедрять информационные технологии (в частности, предполагается система штрафов за отсутствие автоматизации и неэффективное / неправомерное использование электронных медицинских карт, ЭМК, с 2016-2017 гг.). В 2011 г. и последующие годы появился целый ряд аналитических исследований, констатирующих, что именно применение технологий интеллектуального анализа информации и СППР в медицине позволяют использовать потенциал ЭМК в полной мере. В 2014 США (U.S Department of Health and Human Services) анонсировали, что в ближайшее время \$840 млн. будут направлены на реализацию инициатив, связанных с повышением эффективности работы медицинских специалистов, в т.ч. за счет решения «классических» задач СППР, например, минимизации объемов «ненужных» обследований.

В большинстве случаев, СППР в медицине на текущем уровне развития не могут и не должны заменить медицинского специалиста. Исследование, проведенное в 2010 году Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ), США, показывает, что неправильное использование СППР может принести больше вреда, чем отсутствие таких систем (что никак не отменяет все положительные последствия их корректного использования).

При этом развивающимся трендом можно считать выход СППР на сегмент b2c. В данной области имеется еще целый ряд нерешенных проблем (как медицинского, так и технологического характера). Однако развитие в этом направлении, видимо, неизбежно, многие специалисты уже отмечают грамотность пациентов, в т.ч. старшего возраста, способных адекватно интерпретировать найденную в интернете информацию (см., например, мнение российского врача⁸). СППР для персонального использования, как представляется, могут развиваться на основе консультационных сервисов, систем типа личного календаря здоровья, симптом-чекеров и т.п., а также за счет более активного внедрения персональных устройств, осуществляющих сбор информации в режиме 24*7, что требует сложной и оперативной интерпретации.

VIII. СОВРЕМЕННЫЕ РОССИЙСКИЕ СППР

Дискуссия, которая ведется в РФ по проблематике экспертных систем в медицине, достаточно обширна. Темы, связанные с экспертными системами в сфере здоровья, системами поддержки принятия решений в

медицине, активно обсуждаются на мероприятиях и в профильных журналах и в области здравоохранения (например, в журнале «Врач и информационные технологии», на конференции «Информационные технологии в медицине» и др.), и в области информационных технологий, искусственного интеллекта. Но, к сожалению, главная проблема в настоящий момент – малое число разработок, реализация которых находится на уровне практической значимости и которые доходят до внедрения. Лишь малое число систем соответствует МИС 5 поколения (согласно исследованиям аналитического агентства Gartner).

Значимым примером, знаменующим, среди прочего, выход экспертных систем и СППР в область персонализированной медицины, является система OncoFinder (Онкофайндер) – программа анализа внутриклеточных сигнальных путей и подбора наилучших терапевтических препаратов при различных типах рака. Исходя из индивидуальных особенностей пациента, система подбирает ему наиболее адекватный тип терапии таргетными препаратами. Разработана Первым Онкологическим Научно-Консультационным Центром (ПОНКЦ). Партнеры: Федеральный научно-клинический центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева (ФНКЦ ДГОИ), ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, Институт Биоорганической Химии РАН, Университет Летбридж, Канада, Калифорнийский Технологический Институт, США. В 2015 году был подписан меморандум о взаимопонимании IBM с фондом «Сколково» и с Первым Онкологическим Научно-Консультационным Центром (ПОНКЦ), предусматривающий объединение возможностей [IBM Watson Health](#) и решения OncoFinder, разработанного специалистами ПОНКЦ.

Другой интересный пример – сервис ONDOC — система персонального здравоохранения (сайт и мобильное приложение для контроля здоровья; лучший мед. портал 2015 года). Позиционируется как система персонального здравоохранения, включающая в себя сервисы для надежного хранения персональной медицинской информации, ее комплексного анализа и выявления лучшего способа укрепить и сохранить здоровье. Задачи разработчиков: создать среду, в которой люди смогут заботиться о своём здоровье; предоставить пользователям доступ к лучшим медицинским практикам; повысить качество и облегчить взаимодействие пациента с клиниками и врачами через глубокую интеграцию и партнерство. Важной особенностью является работа с сегментом b2c (пользователи имеют персональную электронную медкарту, ищут врачей и проходят лечение в партнерских клиниках, они получают рекомендации врача прямо в свой профиль ONDOC; пользователи получают напоминания о приеме лекарств и т.п. – при этом не все функции системы можно в данный момент считать функциями СППР, но представляется, что система будет развиваться именно в этом направлении).

Целый ряд разработок в сфере СППР ведется компанией ЗАО «Соцмедика» (Socmedica, резидент инновационного центра «Сколково»), специализирующейся

⁸ <http://www.mgnot.ru/index.php?mod1=art&gde=ID&f=12501&m=1>

на создании экспертных систем в области медицины). На основе Объединенной Базы Медицинских Знаний (УМКБ) и технологий моделирования медицинских знаний компания разрабатывает системы следующих типов:

- экспертные системы по прогнозированию рисков развития заболеваний, осложнений и эффективности лечения;
- экспертные системы по ранней диагностике заболеваний;
- экспертные системы по планированию лечения;
- экспертные системы по мониторингу состояния здоровья пациента;
- автоматизированные системы анализа и статистической обработки клинического материала.

Общая архитектура систем Socmedica представлена на Рис. 2.



Рисунок 2 - Общая архитектура систем Socmedica

Системы Socmedica используют онтологии и лингвистический процессор (компания АВВУУ), что сближает их с решением Watson.

Кроме того, ряд отечественных компаний ведет разработку симптом-чекеров (см. выше про связь с СППР): Medme, Mail.ru и др.

Как представляется, в направлении СППР развиваются также продвинутое консультационные сервисы и специализированные соцсети (например, проект «Доктор на работе»).

Примеры отдельных внедрений включают также следующие (данные, в ряде случаев, носят отрывочный характер, информацию о реальном внедрении, а также о соответствии систем характеристикам ЭС/СППР не всегда удается подтвердить):

- Экспертная система алгоритмической диагностики и лечения всех уровней поражения периферической нервной системы (Компания 3D ЛИГА совместно с Российским геронтологическим научно-клиническим центром; в соответствии с жалобами пациента система последовательно рекомендует

врачу проведение порядок и особенности тестов, в результате достигается выбор оптимальной программы, индивидуализация и автоматизация; обладает элементами телемедицины, обеспечивая режим удаленных консультаций и консилиума);

- Система поддержки принятия решений по перинатальному мониторингу (Краевое Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Красноярский краевой медицинский информационно-аналитический центр»; была разработана система поддержки принятия решений «Перинатальный мониторинг» для трехуровневой системы оказания медицинской помощи женщинам в период беременности и родов на основе анализа факторов риска в части патологий плода и патологий матери);
- Экспертные системы компании «АБ Систем»: Электронное Управление Приемом Медикаментов, Система Практического Управления (информационная система, служащая для автоматизированного составления планов и программ лечения, порядка посещения врачей, проведения анализов и прочих исследований, а также контроля выполнения данных планов и программ), Система Расчета Жидкостного Баланса (программный комплекс, предназначенный для управления лечением новорожденных пациентов, которым требуется оказание срочного послеродового лечения) и др.; заказчики: Partners HealthCare, ООО «Прокси Групп Ресёрч», Центр Клинических Исследований, Nadim CRO;

- Сервисы «Взаимодействие лекарственных средств» (часто позиционируются как СППР, что признается не всеми экспертами; сервисы по анализу взаимодействий представлены на портале⁹, а также в рамках справочников – rls, vidal).

Отдельные разработки ведутся в вузах и НИИ:

- ИСА РАН (в частности, разработано семейство специальных программных комплексов профессионального и популярного уровней для оценки и прогноза состояния здоровья и характеристик старения человека, а также для выработки рекомендаций и программ профилактики старения и общего оздоровления; Системы внедрены в практику деятельности Национального геронтологического центра и ряда других медицинских организаций, а также в образовательный процесс Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова);
- ИТМО (Международная лаборатория «Системы поддержки принятия решений в медицине»; создана на базе Института трансляционной медицины совместно ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова». Объектом исследований лаборатории являются

⁹ <http://www.medkrug.ru/>

модели, методы и технологии создания клинических СППР для персонализированной медицины);

- Санкт-Петербургский Государственный Университет (разработка экспертной системы медицинской диагностики variability сердечного ритма методом корреляционной ритмографии);
- Томский государственный университет (системы поддержки принятия диагностических и психокоррекционных решений по психосоматическим заболеваниям);
- ИПС им. А.К.Айламазяна РАН (субсидия в рамках ФЦП «Исследования и разработки...» по теме «Разработка новых методов и программных средств поддержки принятия решений в медицине на основе прецедентного подхода, онтологической модели предметной области, унифицированной модели лечебно-диагностического процесса и банка клинических данных», индустриальный партнёр – ООО «Интерин сервис»);
- ИППИ РАН и партнеры (автоматизированная диагностическая система ЭЭГ-ЭКСПЕРТ для описания и хранения данных визуального анализа электроэнцефалограмм, а также для формирования экспертного описания и заключения о функциональном состоянии мозга, ОСГ-ЭКСПЕРТ для выбора тактики обследования и типа операции при отслойке сетчатки глаза и ряд других);
- Рязанский государственный радиотехнический университет, кафедра биомедицинской и полупроводниковой электроники. (СППР для эндоскопии).

В качестве примера программы-тренажера при изучении клинических дисциплин можно назвать НЕФРОТРЕНАЖЕР (система для дифференциальной диагностики заболеваний почек у детей с синдромом гематурии, которая содержит около тысячи диагностических задач различной степени сложности, позволяющих определить уровень знаний обучаемого).

Как указывалось выше, не все отечественные системы соответствуют современным требованиям к СППР. В частности, таким требованием является использование технологий data mining, text mining и интеллектуального анализа разнородной информации, в т.ч. неструктурированной, для обработки различных источников – контента электронной медицинской карты, истории болезни конкретного пациента, данных с носимых (в перспективе – также инвазивных) устройств, медицинских изображений (результатов применения технологий медицинской визуализации), корпуса научных статей и др.

Следует также отметить неготовность ЛПУ в их нынешнем состоянии в массовом порядке внедрять в свои бизнес-процессы более сложные ЭС последнего поколения.

IX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для разработки системных и компетентных рекомендаций по развитию СППР в отечественной медицине может быть полезно формирование рабочей группы, действующей согласованно с другими рабочими группами (например, по применению суперкомпьютеров и распределенных вычислений для сферы здоровья). При этом необходимо поддержать имеющиеся «точки роста», системы, обладающие практической значимостью, обеспечивая, при необходимости, возможность их интеграции. Перспективными сегментами являются как специализированные системы, так и гибкие, легкие сервисы, позиционируемые как отдельные приложения и интегрируемые между собой.

Для поддержки СППР в медицине необходимо развитие информационной и аппаратной инфраструктуры (обеспечение доступа к высококачественным источникам научной информации, в т.ч. международным, результатам испытаний и т.п., развитие вычислительных мощностей), а также других видов инфраструктуры (правовое обеспечение, развитие профильных акселераторов).

Необходимы меры поддержки развития смежных технологий (искусственный интеллект, обработка больших данных различной модальности и формата, новые способы представления знаний и т.п.; в данной сфере, как представляется, ситуация уже достаточно благополучна и продолжает улучшаться, в т.ч. благодаря усилиям крупных коммерческих компаний, таких как Яндекс, АBBYY, Mail.ru). Также следует уделить внимание развитию программ высшего образования и повышения квалификации в этой области (как для медицинских, так и для ИТ-специалистов, в т.ч. с привлечением к участию в реализации программ производителей программного обеспечения и персональных устройств), популяризации возможностей СППР, в т.ч., в медицинской среде.

Важнейшими элементами развития отечественных СППР могут стать меры по формированию и внедрению отраслевых и технологических стандартов, стимулированию ЛПУ к внедрению таких систем, а также по вовлечению пациента в процесс лечения и заботы о здоровье (сегмент b2c). Так, например, некоторые национальные службы здравоохранения поощряют использование ИС, позволяющих оценивать риск возникновения заболеваний у пациентов (см. также выше про акт НИТЕСН). Представляется, что это создаст «окно возможностей» для отечественных разработчиков, поскольку прямой перенос зарубежных СППР на российскую практику, во многих случаях, невозможен (с учетом особенностей языка, специфики медицинских школ и традиций практики, региональных особенностей, характерных для некоторых заболеваний, и т.п.). Кроме того, драйвером развития СППР может стать распространение персональных устройств в сфере здоровья (за счет необходимости накопления и интерпретации данных). Широкое внедрение простых и интуитивно-понятных систем, реализованных, например, в виде технологически несложных и готовых к широкому

использованию облачных сервисов, может дать новые возможности и системе здравоохранения, и гражданам.

ПОДДЕРЖКА

Представленная работа частично поддержана грантом РФФИ № 15-01-06819 «Исследование и разработка онтологических моделей центров компетенции/превосходства в прорывных научно-технологических направлениях на основе мониторинга разнородных информационных ресурсов».

INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS IN MEDICINE: STATE OF THE ART AND BEYOND

Efimenko I.V.

Khoroshevsky V.F.

Intelligent decision support systems in medicine are discussed in the paper. It is shown that the story of the modern decision support systems starts with the expert systems developed in 1970s. Tasks solved by “classical” expert systems and the case study for such systems are represented. The paper proceeds with the discussion on the state of the art in the field of decision support systems in medicine and healthcare in general, as well as on the promising areas in this field. Various types of applications, such as the ones aimed at solving complex tasks in prevention, diagnostics, treatment, patient monitoring and so on are examined. The paper considers more than 50 examples of the intelligent decision support systems in medicine.

Библиотека БГУИР