

Потенциал Big Data в Электронной Медицине

Масума Мамедова

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан
mmg51@mail.ru; masuma.huseyn@iit.ab.az

Аннотация– Рассмотрены факторы, определяющие взрывной рост информации в медицине. В контексте Big Data исследованы специфические особенности медицинских данных, определены сущность феномена Big Data и его потенциал в электронной медицине. Проведена систематизация приложений Big Data и показаны возможности последних в поддержке принятия лечебно-диагностических и управленческих решений.

Ключевые слова– Big Data, электронная медицина, медицинские данные, Big Data приложения, принятие решений.

I. ВВЕДЕНИЕ

Медицина является одной из отраслей, исторически генерирующих большое количество данных, традиционно управляемых с помощью учета, соблюдения нормативно-правовых требований и критериев качества ухода за пациентами [1]. В то же время медицина относится к разряду сфер деятельности, в наибольшей степени отстающих от ряда клиенториентированных отраслей (банковское дело, ритейл и т.п.) в использовании ИТ и, соответственно, Big Data (Больших Данных). Впервые медицина обратилась к информационным технологиям в 60-х годах прошлого века для сбора и обработки больших объемов различных статистических данных. Однако количество медицинских данных значительно увеличилось лишь за последние 15–20 лет в связи с переходом отрасли на цифровой формат. Несмотря на хранение значительной части медицинских данных пока в бумажном виде, наблюдаемая тенденция к быстрой оцифровке уже способствовала накоплению терабайтов информации [2]. По некоторым расчетам объем медицинских данных в 2012 году достиг примерно 500 петабайт [3]. Последние исследования показывают, что более 30% всех данных, хранящихся на земле, составляют медицинские данные, и в будущем ожидается быстрое увеличение этой доли [4]. В соответствии с прогнозами к 2020 году количество медицинских данных будет достигать 25 000 петабайт [5].

Огромные потоки медицинских данных предоставляют широкие возможности для развития методов и приложений по расширенному анализу последних. Естественно, реальная стоимость этого потока может быть понята только в случае содействия извлеченной из данных информации улучшению качества медицинских услуг [6, 7].

Целью настоящей статьи является исследование потенциала Big Data в электронной медицине (э-медицине) как средства повышения качества медицинских услуг за счет аналитической поддержки принимаемых лечебно-диагностических и организационно-управленческих решений.

II. КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ВЗРЫВ В МЕДИЦИНЕ

а. Согласно [8] медицинские данные генерируются, в основном, за счет следующих трех ключевых элементов: совокупности персональных электронных медицинских записей (Electronic Health Records, EHR), биотехнологий, заложивших основу персонализированной медицины, и научных исследований и разработок (R&D). Этот список дополнен еще двумя бесспорными ключевыми элементами, обеспечивающими сегодня генерацию и стремительный рост информации, к которым относятся современные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) и Интернет.

EHR (электронные карты здоровья, ЭКЗ) интегрируют в себе электронные персональные медицинские записи, относящиеся к одному человеку, собираемые и используемые несколькими медицинскими организациями [9].

Биотехнологии вызвали бурный рост объема данных, особенно персональных геномных, в биологии и медицине. Экспоненциально убывающие затраты на полногеномный анализ способствовали взрывному росту данных, специфичных для определенного индивида. Вследствие этого стоимость расшифровки одного человеческого генома упала с 40 млн. долларов в 2003 г. до менее 1 тыс. долларов в 2012 г. В итоге эта процедура стала доступной широким массам [10].

К источникам Big Data относятся также другие биометрические данные – отсканированные отпечатки пальцев, почерка, сетчатки глаза, рентгеновские и другие медицинские изображения, значения жизненно важных показателей (артериального давления, пульса и т.д.).

(R&D). В настоящее время мир сталкивается с новой проблемой – экспоненциальным ростом скорости открытия медицинских знаний. На сегодня в каталоги биомедицинской литературы внесено более 18 млн. статей, причем более 800 тыс. из них каталогизированы в 2008 году. Скорость пополнения медицинской литературы удваивается каждые 20 лет, и уже начиная с 2012 года ежегодное количество поступлений превышает 1 млн. [11].

ИКТ и Интернет. Всё растущие темпы внедрения ИКТ в медицину не только дали мощный импульс к преобразованиям в этой сфере, но и становятся ключевыми инструментами в ее трансформировании. При этом наблюдается стремительное развитие самих ИКТ, сопровождаемое появлением новых платформ, аппаратных и программных продуктов, сетевых технологий, моделей сбора, хранения, обработки и анализа информации, с

одной стороны, а также формируются все новые источники генерирования информации – с другой.

Несомненно, Интернет является важнейшим источником медицинской информации, предоставившим людям не доступную им ранее возможность приобретения знаний относительно болезней и медикаментов, уточнения диагноза, поиска как эффективного лечения, так и врача соответствующей специализации и т.п.

По прогнозам Cisco IBSG, к 2020 году к Интернету будет подключено 50 млрд. устройств, при том что эти прогнозы не учитывают ускоренного развития интернет-технологий и устройств [12]. С развитием Интернета вещей (Internet of Thing) и его дальнейшей эволюцией в Интернет всего (Internet of Everything), позволяющих связать между собой машины (machine-to-machine, M2M), появился еще один мощный источник генерирования данных [13]. Это показания объединенных в сети носимых устройств (дистанционных датчиков и сенсоров физической активности, диагностических приборов широкого пользования и др.) [14], отслеживающих состояние здоровья пациентов.

1) Стремительное развитие технологий мобильной беспроводной связи и программных приложений стимулировало разработку и распространение способов их инновационного применения для решения первоочередных задач медицины и здравоохранения. Это привело к формированию новой области электронной медицины, известной как «мобильное здравоохранение» (Mobile Health, mHealth) [15].

2) Ожидается, что большая часть данных, произведенных в период с 2012 по 2020 год, будет сгенерирована не людьми, а различного рода устройствами в ходе их взаимодействия друг с другом и сетями данных (сенсорами, смартфонами, устройствами радиочастотной идентификации (RFID), спутниковыми системами навигации и т.п.) [16].

III. BIG DATA В Э-МЕДИЦИНЕ

По определению, Big Data в э-медицине – это различные быстро пополняемые электронные медицинские данные колоссального объема, которыми невозможно управлять посредством традиционных инструментов и методов, программного и/или аппаратного обеспечения [17].

Наиболее распространенным является раскрытие феномена Big Data через указание проблем, с которыми приходится сталкиваться на современном этапе технологического развития при обработке информации [18, 19]. К основным проблемам, характерным для Big Data, относятся большой объем (Volume), разнообразие (Variety) и высокая скорость изменения (Velocity) данных. Для некоторых сфер деятельности, в том числе и для медицины, исследователями и практиками введены еще две характеристики: достоверность (Veracity) и ценность (Value) Больших Данных [20]. Отметим тесную

взаимосвязь этих проблем и приведем их интерпретацию в медицине.

Объем (Volume) медицинских данных. Непрерывное генерирование и накопление медицинской информации в ближайшие годы приведут к наличию невероятного объема данных [7]. В настоящее время медицинские данные включают в себя клинические данные, полученные врачами, личные медицинские записи пациентов (EHR), радиологические изображения (рентгеновские и маммологические снимки), МРТ (магнитно-резонансная томография), КТ (компьютерная томография) и т.п., данные лабораторий и аптек, страховые претензии и пр. Параллельно генерируется также огромное количество медицинской информации, не относящейся конкретно к пациенту. Это многочисленные медицинские публикации, научно-исследовательские отчеты, результаты исследований и разработок (R&D), социологические опросы и др. Новые типы медицинских данных, такие как многомасштабная 3D/4D визуализация, геномика, биометрические показания датчиков и т.п., также способствуют экспоненциальному росту медицинской информации.

Многообразие/разноформатность (Variety). Возможность одновременной обработки медицинских данных различного формата (структурированных, полуструктурированных и неструктурированных) является одной из специфических проблем медицины [21]. Более 70–80% медицинских данных являются неструктурированными, причем наблюдается устойчивая тенденция к значительному росту скорости этой информации относительно таковой для структурированных данных. Для принятия лечебно-диагностических решений появляется необходимость в интегрировании клинической информации и биологических данных, которые имеют различные форматы и генерируются разными гетерогенными источниками. Совместное хранение, сравнение и конвертация разнородной информации требуют решения очень сложных задач, таких, как распознавание образов и изображений, сжатие информации и т.п. И здесь медицина далеко не всегда может воспользоваться готовыми решениями из других областей [22].

Скорость (Velocity) производимых медицинских данных. Постоянный поток новых данных накапливается беспрецедентными темпами, т.е. наблюдаемый рост объема и разнообразия данных непосредственно связан со скоростью, с которой они генерируются. Специфика проблемы в медицине заключается в том, что скорость пополнения данных также накладывает ограничения на обработку Big Data в медицине. Так, информация от приборов, следящих за пациентами отделения интенсивной терапии, поступает непрерывно, т.е. в режиме реального времени, и требуются ее немедленная обработка и анализ для своевременной выработки предварительного диагноза [7, 21].

Достоверность (Veracity) данных. Этот признак отражает семантическую и синтаксическую определенность, качество, актуальность и надежность

данных [23]. Ряд проблем обеспечения достоверности данных специфичны именно для медицины, поскольку имеют дело с диагнозами, методами лечения, рецептами, процедурами и т.п. Так, результаты анализа Больших Данных должны быть безошибочными и надежными, поскольку от достоверности сделанного на основе анализа Big Data вывода может зависеть жизнь человека. С другой стороны, низкое качество медицинских данных, особенно неструктурированных, является одной из серьезных проблем: заполняемые часто с ошибками медицинские карточки, неверное истолкование и неточный цифровой ввод назначений врача в рецептах из-за плохого почерка относятся к разряду наиболее распространенных примеров [21, 24].

Слишком высокая цена ошибки является причиной недоверия медицинской общественности к результатам анализа Big Data.

Ценность (Value) накопленных данных. Этот показатель, представляющий интерес для различных заинтересованных сторон и лиц, принимающих решение, характеризует Big Data с позиций их полезности и привнесения определенной ценности для медицинского учреждения (МУ) и системы здравоохранения в целом (например, усовершенствование бизнес-процессов, определение бизнес-стратегий, оптимизации расходов и т.п.) [20].

IV. СУЩНОСТЬ BIG DATA В Э-МЕДИЦИНЕ

Анализ характерных особенностей медицинской информации, с одной стороны, и специфических возможностей Big Data – с другой, позволяет сделать вывод о целесообразности применения последних для обработки огромного количества медицинских данных. Сущность Big Data в э-медицине, с нашей точки зрения, можно определить как: 1) предоставление последними новых технологий и инструментария для хранения, передачи, быстрой обработки и анализа непрерывно генерируемых разнородных и разноформатных данных, поступающих из разных источников; 2) выявление корреляций между различными, казалось бы не связанными, медицинскими показателями и факторами, воздействующими на них; 3) получение результатов обработки и анализа в виде информации (знаний), понятной для врача и пригодной для принятия обоснованных решений.

V. НАПРАВЛЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ И ПОТЕНЦИАЛ BIG DATA В МЕДИЦИНЕ

В течение последних десятилетий в мире наряду с тенденциями к повышению эффективности медицинской помощи наблюдается стремительный рост расходов на здравоохранение. Однако практически исчерпанные возможности экстенсивного развития системы медицинской помощи путем наращивания ее объемов, соответственно и затрат, не имеют перспектив. В этой связи уже сегодня разрабатываются новые концептуальные подходы к решению этой проблемы, рассматривающие Big Data как дополнительный источник

компенсации расходов, с одной стороны, и повышения качества медицинских услуг – с другой.

Растущая доступность медицинских данных позволяет с помощью технологий Big Data предложить более глубокое понимание взаимосвязей, лежащих в основе огромного количества информации из различных множеств данных, и преобразовать последние в новые знания. В результате анализа Big Data становится возможным выявить такие неожиданные взаимосвязи или закономерности, которые человек не в состоянии обнаружить.

Пациентоориентированный подход и Big Data в качестве аналитической основы новых ИТ-решений в медицине имеют потенциал для преобразования многих направлений этой отрасли. Ниже приведены ряд направлений приложения Big Data, систематизированных с позиций поддержки принятия как лечебно-диагностических, так и организационно-управленческих решений различного назначения.

A. BIG DATA В ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО МЕНЕДЖМЕНТУ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Растущая доступность медицинских данных позволяет с помощью технологий Big Data предложить более глубокое понимание взаимосвязей, лежащих в основе огромного количества информации из различных множеств данных и преобразовать последние в новые знания. В результате анализа Big Data становится возможным выявить такие неожиданные взаимосвязи или закономерности, которые человек не в состоянии обнаружить. Так, например, технологии Big Data позволяют одновременно обрабатывать базы историй болезней пациентов, геномных данных и отчетов медицинских исследований и в итоге выдавать полезную информацию для принятия наилучшего решения относительно лечения конкретного пациента.

Big Data в поддержке принятия врачебных решений.

По оценкам McKinsey, внедрение технологий анализа Big Data в медицину может сэкономить для здравоохранения США около 300 млрд. долларов в год. Экономия произойдет за счет более своевременной и точной постановки диагноза, подбора эффективного лечения, сокращения расходов на исследования. Ожидается, что эффективность лечения будет повышена благодаря обработке всей доступной информации. В практику врачей войдет широкое использование систем поддержки принятия решений и экспертных систем нового поколения, позволяющих предоставить врачам невиданный ранее доступ к опыту коллег посредством анализа EHR пациентов как в различных географических срезах, так и в масштабе страны. Это, в свою очередь, позволит минимизировать субъективный человеческий фактор при принятии врачебных решений о стратегии лечения пациента [2].

Потенциал Big Data в стандартизации врачебных решений. В клинической практике нередко возникает необходимость в стандартизации медицинских решений.

Так, например, при разборе врачебных ошибок, судебных разбирательствах, медицинской экспертизе, неправильной диагностике и лечении, выявлении эффективности назначенных медикаментов в каждом конкретном случае (заболевании). В этих ситуациях Big Data могут оказать поддержку в принятии обоснованных решений (выявлении истины) [25].

Содействие Big Data развитию и созданию персонализированной медицины. Сущность персонализированной медицины заключается в индивидуализации лекарственной терапии в соответствии с персональными данными и генотипом конкретного пациента. Как новая парадигма в здравоохранении, персонализированная медицина предполагает раннее (доклиническое) выявление заболеваний на этапе прогнозирования предрасположенности и последующих превентивных мероприятий [26, 27]. Технологии Big Data могут сыграть существенную роль в реализации персонализированной медицины, ориентированной на выбор правильного лечения. Так, системы поддержки принятия решений, базирующиеся на Big Data, могут на основе обработки и анализа гигантских объемов генетической информации пациентов прогнозировать их реакцию на те или иные лекарственные препараты, назначать абсолютно уникальные лекарственные средства в индивидуальных дозах [27].

Потенциал Big Data в поддержке удаленного мониторинга здоровья пациентов. Технологии обработки Big Data могут способствовать развитию персональной и превентивной медицины, основанной на удаленном мониторинге пациентов. Интегрирование EHR пациентов с подключенными к Интернет носимыми smart-устройствами, контролирующими жизненно важные показатели здоровья, позволяет врачам наблюдать за больным в режиме реального времени. Консолидация непрерывно генерируемых в процессе отслеживания состояния пациента медицинской информации с данными EHR и одновременный анализ огромного объема разнородных данных в масштабе реального времени предоставляют профессионалу комплексную связную картину общего состояния здоровья пациента. Это, в свою очередь, будет способствовать поддержке принятия обоснованных решений по дистанционному диагностированию больного в режиме реального времени. Согласно прогнозам [21, 28], возможность выработки в режиме реального времени аналитики меняющихся данных большого объема по всем направлениям медицины может произвести революцию в этой сфере.

Возможности Big Data в содействии развитию доказательной медицины. При принятии решения о выборе тактики лечения врачи традиционно используют свои суждения, но в последние несколько лет был сделан шаг к доказательной медицине. Доказательная медицина (*Evidence-based medicine*) подразумевает принятие наилучшего решения о тактике лечения на основе систематического обзора данных клинических испытаний.

Большие Данные имеют огромный потенциал для создания доказательной базы по поддержке принятия

врачебных решений. Так, доказательная медицина базируется на выводах, полученных в ходе рандомизированных контролируемых испытаний нового метода лечения, выполненных на ограниченном количестве пациентов. Однако в реальности могут иметь место достаточно редкие нюансы, отрицательно воздействующие на конечные результаты, которые невозможно выявить в процессе исследований на малых выборках. Объединение множества отдельных наборов данных в алгоритмах Big Data может предоставить самые надежные доказательства в выборе тактики лечения [29].

Потенциал Big Data в содействии доступу к новым знаниям. Стремительный рост количества медицинских открытий и скорость их появления в различных источниках по всему миру значительно превосходят физические возможности клиницистов по ознакомлению со всеми достижениями даже в разрезе отдельных заболеваний. Так, например, в мире ежегодно проводится около 170 тыс. клинических исследований препаратов для борьбы с онкологическими заболеваниями, однако выход к информации об их результатах достаточно ограничен [30]. Большие Данные могут облегчить выход к последним достижениям в мировой клинической практике и тем самым расширить возможности врача для быстрого получения новых знаний.

В практике врача Big Data могут позволить ему пополнить или подтвердить свои знания, изучив в реальном времени данные, полученные от множества специалистов, занимающихся лечением пациентов со схожими заболеваниями. Улучшение поиска знаний путем доступа к высокопроизводительным и очень точным базам данных медицинских карт пациентов позволит предложить профилактическое лечение, выявить успешные шаблоны лечения и снизить число медицинских ошибок [31].

Возможности Big Data для поддержки пациентов в принятии ими решений по управлению собственным здоровьем. С цифровизацией медицинской отрасли произошли заметные изменения во взаимоотношениях пациентов и поставщиков медицинских услуг: врачей, медицинских центров, лабораторий и т.п. Появление многочисленных и разнофункциональных носимых устройств и сервисов оказало серьезное воздействие на представления пациентов о принципах оказания медицинских услуг. Концепция "ответственного" пациента, стремящегося как можно больше знать о своем здоровье и имеющего возможность самостоятельно принимать решения посредством доступа к медицинским знаниям из альтернативных источников, становится все более популярной в мире. Это, в свою очередь, стимулирует спрос на медицинский контент и многочисленные сервисы, ориентированные на пациента. Усилению тренда способствует также политика многих государств, направленная на повышение здоровья нации и пропаганду правильного (здорового) образа жизни [32].

Big Data могут помочь в реформировании взаимоотношений пациентов и поставщиков медицинских

услуг в направлении повышения вовлеченности пациентов в процесс лечения.

Потенциал Big Data в формировании клиенториентированной медицины. Появление новых моделей взаимоотношений врачей и пациентов вследствие цифровизации медицины вынудило многие медицинские организации принять более клиенториентированный подход. При этом большинство организаций имеют представление о клиенте, исходя только из внутренних источников данных. Это создает трудности при попытке формирования всеобъемлющего представления о клиенте и требует привлечения также внешних данных.

Big Data позволяют дополнить персональные медицинские данные пациентов в EHR информацией, полученной из внешних источников, предоставляя широкие возможности для выявления факторов риска или так называемых факторов образа жизни. Так, в современном цифровом обществе каждый человек генерирует огромное количество информации в Интернет посредством личных данных на различных веб-сайтах, профилей в социальных сетях, использования кредитных карт и т.п. Эта информация позволяет выявить факторы образа жизни человека (например, материальное состояние, уровень образования, привычки, интересы, возможные заболевания и др.) без необходимости интервьюирования последнего. Совместное использование "сетевой" информации и данных пациента из EHR предоставляет уникальную возможность интегрирования традиционных медицинских моделей с социальными детерминантами здоровья пациента и формирования клиенториентированной медицины [33].

Потенциал Big Data в управлении лечением пациентов с хроническими заболеваниями. За последние несколько десятилетий практически во всем мире наблюдается существенный рост пациентов с хроническими заболеваниями, являющимися крупнейшими потребителями ресурсов здравоохранения. Значительно увеличилось также показатели коморбидности (comorbidity), т.е. одновременного наличия у пациента двух или более хронических заболеваний [34]. Это требует наблюдения таких пациентов не только у своего основного врача, но и у других специалистов. Однако разрозненность как медицинских учреждений, оказывающих разные услуги одним и тем же пациентам, так и методов лечения снижает способность системы здравоохранения предоставлять качественные медицинские услуги, приводит к ненужному дублированию анализов и лечения.

Big Data могут сыграть решающую роль в снижении расходов на лечение пациентов с хроническими заболеваниями. Так, с помощью методов интеллектуального анализа данных можно найти максимально похожие когорты пациентов, воспринимаемых в качестве кандидатов для профилактического вмешательства в группу высокого риска (Highriskgroup, HRG) [35].

Внедрение технологий Big Data в существующую врачебную практику может способствовать уменьшению затрат на работу больниц, устранить множество злоупотреблений и лишних расходов в государственных системах здравоохранения. Так, МУ, используя огромные объемы разнообразных данных о пациентах, могут снизить затраты за счет оптимизации работы клиник: прогнозирования ожидаемого потока пациентов, сокращения очередей, оптимального ресурсного обеспечения, оценки производительности медицинского персонала и сбалансированности его нагрузки, повышения удовлетворенности пациентов качеством медицинских услуг и т.п. [36].

С помощью технологий Big Data можно совершенствовать и регулировать систему ценообразования и оплаты [37]. Технологии Big Data могут сыграть также важную роль в извлечении и предоставлении ценной информации поставщикам медицинских услуг и ЛПР для разработки стратегий, планов и принятия важных управленческих решений.

VI. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ BIG DATA В МЕДИЦИНЕ

Согласно ABI Research, в настоящее время процессы анализа Big Data в медицине находятся в начальной стадии. Однако по прогнозным расчетам к 2019 году в результате стремительного роста объема непрерывно генерируемых данных рынок Big Data анализа составит примерно \$52 млрд. [38]. Аналитики TechNavio прогнозируют увеличение расходов на глобальном рынке Big Data в отрасли медицины в течение 2014–2019 гг. со среднегодовым приростом в 42% [39].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Big Data могут оказать существенное воздействие на здравоохранение. Колоссальный объем данных, генерируемых в настоящее время медицинскими учреждениями, в ближайшие годы будет расти с еще большей скоростью. Это неизбежно приведет к повышению спроса на анализ Больших Данных. Извлечение из этих данных полезной информации может принести большую пользу в разработке новых методов и технологий лечения, идентификации болезней и их профилактике, уменьшении количества медицинских ошибок, обеспечении общей безопасности здоровья населения страны, совершенствовании системы здравоохранения в направлении реализации доказательной и персонализированной медицины. Это в конечном счете приведет к улучшению качества лечения и уменьшению числа больных и, соответственно, расходов затрат медицинских учреждений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] W. Raghupathi., Data Mining in Health Care, Healthcare Informatics: Improving Efficiency and Productivity. Edited by Kudyba S. Taylor & Francis, pp. 211–223, 2010.
- [2] J. Manyika, M. Chui, B. Brown, J. Bughin, R. Dobbs, C. Roxburgh, A. H.

- Bayers, Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. Analyst report, McKinsey Global Institute, May 2011. www.mckinsey.com
- [3] J. Sun, C. Reddy, Big data analytics for healthcare, International Conference on Data Mining. Austin, TX., 2013. www.siam.org/meetings/sdm13/sun.pdf
- [4] M. Manchini, Exploiting Big Data for improving healthcare services, Journal of e-Learning and Knowledge Society, v.10, n.2, pp.23–33, 2014.
- [5] J. Roski, G. W. Bo-Linn, T. A. Andrews, Creating value in health care through big data: opportunities and policy implications, Health Affairs, Jul.33(7), pp.1115–1122, 2014. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25006136
- [6] M. Datta, How Big Data Will Lower Costs and Advance Personalized Medicine. GEN Exclusives, 2013. www.genengnews.com/insight-and-intelligence/how-big-data-will-lower-costs-and-advance-personalized-medicine/77899962/
- [7] *Transforming Health Care through Big Data. Strategies for leveraging big data in the health care industry.* Institute for Health Technology Transformation, 2013. http://c4fd63cb482ce6861463-bc6183f1c18e748a49b87a25911a05/iHT2_BigData_2013.pdf
- [8] I. Buchan, C. Bishop, A Unified Modelling Approach to Data-Intensive Healthcare, The fourth paradigm. 2009, pp.91–97.
- [9] J. Powell, I. Buchan, Electronic health records should support clinical research, Journal of Medical Internet Research, vol.7, No.1, 2005. doi: 10.2196/jmir.7.1.e4.
- [10] H. Kashmir, How Target Figured Out A Teen Girl Was Pregnant Before Her Father Did, Forbes, 2012. <http://ghr.nlm.nih.gov/glossary=personalizedmedicine>
- [11] M. Gillam, C. Feied, J. Handler, E. Moody, B. Shneiderman, C. Plaisant, M. Smith, J. Dickason, The Healthcare Singularity and the Age of Semantic Medicine, The fourth paradigm., pp.57–64, 2009.
- [12] Э. Дэйв, Интернет вещей: как изменится вся наша жизнь на очередном этапе развития Сети. www.cisco.com/web/RU/news
- [13] Internet-of-Everything makes everything possible. <http://www.internet-of-everything.no/>
- [14] A. Gawande, Annals of Health Care, New Yorker, 2012. www.newyorker.com/reporting/2012/08/13/120813fa_gawande
- [15] mHealth: New horizons for health through mobile technologies. WHO. Global Observatory for eHealth series, Vol. 3, 112p. http://www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf
- [16] T. White, Hadoop: The Definitive Guide. OReilly Media, 3rd Edition, 2012. <http://cdn.oreilly.com/oreilly/booksamplers/978144>
- [17] L. Hesla, Particle physics tames big data, Symmetry magazine, 2012. www.symmetrymagazine.org/article/august-2012/particle-physics
- [18] D. Laney, 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety, Application Delivery Strategies. META Group. 2001. <http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>
- [19] А. И. Савельев, Проблемы применения законодательства о персональных данных в эпоху "больших данных" (BIG DATA). <http://www.hse.ru/pubsShare/docdirect/document/150345956>
- [20] R. Herman, P. Williams, Big Data in healthcare: what is it used for? <http://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1021&context=aeis>
- [21] B. Feldman, E. Martin, T. Skotnes, Big data in healthcare: Hype and hope, 2012. www.west-info.eu/files/big-data-in-healthcare
- [22] J. Mattison, How to Navigate Big Data in Healthcare. www.cio.com/article/2851986/healthcare/how-to-navigate-big-data-in-healthcare.html
- [23] M. Panahiazar, V. Taslimitehrani, A. Jadhav, J. Pathak, Empowering personalized medicine with Big Data and Semantic Web Technology Proc IEEE Int Conf Big Data, pp.790–795, 2014. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4333680/
- [24] М. Г. Мамедова, Информационная безопасность персональных медицинских данных в электронной среде, Проблемы Информационных Технологий, №2, pp.16–30, 2015, <http://jpit.az/index.php?mod=9&view=art&id=142>
- [25] S. Hoffman, Medical big data and big data quality problems. <http://insurancejournal.org/wp-content/uploads/2015/03/Hoffman.pdf>
- [26] L. Hood, Systems biology and p4 medicine: past, present, and future, Rambam Maimonides Med. J. vol. 4 (2). p.e0012. 2013, doi: 10.5041/RMMJ.10112
- [27] L. Sacchi, G. Lanzola, N. Viani, S. Quaglini, Personalization and Patient Involvement in Decision Support Systems: Current Trends, IMIA Yearbook of Medical Informatics, vol. 10 (1), pp.106–118, 2015.
- [28] B. Kayyali, D. Knott, and S. Van Kuiken, The Big-Data revolution in Healthcare: Accelerating value and innovation. Full report, 2013. www.mckinsey.com/insights/health_systems_and_services/big-data_in_health_care
- [29] T. B. Murdoch, A. S. Detsky, The Inevitable Application of Big Data to Health Care, Journal of the American Medical Association, 309(13), 1351–1352, 2013. <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=1674245>
- [30] B. S. Alper, J. A. Hand, S. G. Elliott, S. Kinkade, M. J. Hauan, D. K. Onion, B. M. Sklar, How much effort is needed to keep up with the literature relevant for primary care?, Journal of the Medical Library Association, , vol.92, no.4, pp.429–437, 2004.
- [31] C. Lenfant, Clinical Research to Clinical Practice – Lost in Translation?, The New England Journal of Medicine, vol.349, pp.868–874, 2003, PMID: 12944573.
- [32] Big data in the healthcare industry: Growing Need for Computerized Decision Support. www.healthcare.siemens.com/
- [33] T. H. Davenport, P. Barth, R. Bean, How 'Big Data' Is Different, MIT Sloan Management Review/ <http://sloanreview.mit.edu/article>
- [34] A. A. Uijen, E. H. Lisdonk, Multimorbidity in primary care: prevalence and trend over the last 20 years, European Journal of General Practice, 2008, vol.14, no.1, pp.28–32.
- [35] D. W. Bates, S. Saria, L. Ohno-Machado, A. Shah, G. Escobar, Big Data In Health Care: Using Analytics To Identify And Manage High-Risk And High-Cost Patients. <http://content.healthaffairs.org/>
- [36] Big Data and Analytics. <https://www.mill-all.com/wp-content/uploads/2015/08/Healthcare>
- [37] N. Mani, R. Narayanan, M. Raghunath, Big Data in the healthcare provider space. www.mu-sigma.com/analytics/thought_leader.html
- [38] ABI Research: Integrating Consumer Wearable Health Devices Will Drive Healthcare Big Data Adoption. www.abiresearch.com/press/integrating-consumer-wearable-health
- [39] Global Big Data spending in healthcare 2015 analysis and forecasts to 2019. www.prnewswire.com/news-releases/global-big-data-spending-in-healthcare-industry