

Новейшие информационные ГРИД-технологии в электронной медицине

А.М. Ходжибаев*, Ф.Т.Адылова

Институт информатики Научно-технического центра «Современные Информационные Технологии» Академии Наук Республики Узбекистан, Министерство здравоохранения Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан*

РЕЗЮМЕ, ABSTRACT

Инновационным использованием появляющихся информационных технологий в здравоохранении являются Грид-технологии (Health-Grid). Обзор представляет основные понятия грид-медицины, грид-технологий и акцентирует внимание на областях их применения. Это создание и обработка медицинских изображений; моделирование тела человека для планирования терапии различного назначения; фармацевтическая наука и практика; эпидемиологические исследования; медицинская генетика; бизнес в медицине (Укр.ж.телемед.мед.телемат.-2005.-Т.3,№1.-С.23-34).

Ключевые слова: грид-технологии, моделирование, медицинская генетика, эпидемиология, бизнес

А.М. Ходжибаев, Ф.Т.Адылова*

НОВІТНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ГРИД-ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРОННІЙ МЕДИЦИНІ

Институт информатики Научно-технического центра «Сучасні Інформаційні Технології» Академії Наук Республіки Узбекистан, Міністерство охорони здоров'я Республіки Узбекистан, Ташкент, Узбекистан*

Інноваційним використанням інформаційних технологій в охороні здоров'я є грид-технології (Health-Grid). Огляд представляє основні поняття грид-медицини, грид-технологій і акцентує увагу на галузях їхнього застосування. Це створення й обробка медичних зображень; моделювання тіла людини для планування терапії різного призначення; фармацевтична наука і практика; епідеміологічні дослідження; медична генетика; бізнес у медицині (Укр.ж.телемед.мед.телемат.-2005.-Т.3,№1.-С. 23-34).

Ключові слова: грид-технології, моделювання, медична генетика, епідеміологія, бізнес

A.M.Khodjibaev, F.T.Adilova*

INNOVATIVE INFORMATION TECHNOLOGIES (HEALTHGRID) IN E-MEDICINE

Institute of Informatics, Center of Advanced Information Technologies, Academy of Sciences, Ministry of Health Care of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

A Healthgrid is an innovative use of emerging information technology to support broad access to rapid, cost-effective and high-quality healthcare. This review presents main conceptions of Healthgrid and Grid technology, focusing on the problems of their implementations. In particular the areas of healthcare provision and research, that can be beneficially affected by Grid technology include: medical imaging and image processing; modelling the human body for therapy planning; pharmaceutical research and development; epidemiological studies; genomic research and treatment development; business in healthcare (Ukr. z. telemed. med. telemat.-2005.-Vol.3,№1.-P. 23-34).

Key words: grid-technologies, modeling, medical genetics, epidemiology, business

http://www.telemed.org.ua/UJTMMT/ N1_05/article3.html

Большинство систем здравоохранения сталкивается с экономическими и производственными трудностями в своем назначении поддерживать качество

медицинской помощи перед лицом растущих требований стареющего населения и возросших возможностей в лечебном деле. Если добавить к этому жела-

ние улучшить доступ к новым методам лечения, то проблема медицинского обслуживания сегодня становится весьма сложной. Пытаясь разрешить эти проблемы, здравоохранение все больше обращается к информационным технологиям, в которых видит возможность управления ресурсами, уменьшения очередей, исключения ошибок и обеспечения современного уровня лечения населению отдаленных регионов [1-6].

Однако прогресс в модернизации здравоохранения тормозится рядом таких факторов, как:

- прохождение и понимание записи истории болезни пациента между организациями внутри страны и между странами;
- неуверенность, что информация защищена, и доступ к ней регулируется;
- выявление надежных источников информации для сравнения;
- управление большими объемами данных, особенно в области медицинской генетики;
- использование традиционных информационных сетей и технологий в здравоохранении.

Однако новое средство, так называемое Grid (решетка) технологий позволяют клиницистам преодолеть многие перечисленные трудности.

HealthGrid, или "Здоровье-грид" является инновационным использованием появляющихся информационных технологий для поддержки широкого доступа к быстрому, высококачественному медицинскому обслуживанию.

Так называемые Grid – вычисления, которые мы будем называть как распределенные, имеют целью сделать пригодной глобальную инфраструктуру информационно-коммуникационных технологий для скоординированного, гибкого и защищенного распределения различных ресурсов, включая компьютеры, приложения, данные, хранение, сети, научные инструменты анализа организациями, территориально расположенными в любой географической точке в любое время (такие организации иногда называют виртуальными). Грид - технологии обе-

щают изменить пути решения сложных проблем за счет представления уникальных возможностей распределения ресурсов и совместной работы. Так же как интернет в корне изменил способы обмена информацией, так и грид-технологии выведут параллельные и распределенные вычисления на следующий уровень, обеспечив унифицированную, надежную и прозрачную инфраструктуру, доступную по требованию пользователя.

В частности, грид-технологии могут оказать влияние на следующие области науки и практики здравоохранения :

- создание и обработка медицинских изображений;
- моделирование тела человека для планирования терапии различного назначения;
- фармацевтическая наука и практика;
- эпидемиологические исследования;
- геномная медицина.

Во всех этих областях Грид-технологии могут как значительно уменьшить время и стоимость для получения результата, так и обеспечить ресурсы, которые могут быть использованы, но по экономическим соображениям игнорируются, имея в виду обычные сетевые информационные системы. Понятно, что надо преодолеть немало барьеров, прежде чем Грид-технологии станут общепринятыми, включая этические, клинические нормы, нормы безопасности, которые очень актуальны в клинической практике.

Что такое Грид – медицина?

Прежде чем ответить на этот вопрос, разъясним понятие электронной медицины (eHealth).

Электронная медицина - это новые возможности лечить, новая индустрия здравоохранения, которая базируется на ИКТ и развивает интеллектуальную целостную среду, способную повсеместно управлять оказанием медицинской помощи населению, помогать врачам, среднему медперсоналу в виде привнесения в клиническую практику новейших методов диагностики, лечения и возможности совместной работы врачей,

находящихся в разных географических точках.

Многие применения электронной медицины лежат в области информационного менеджмента и здравоохранения. Электронная медицина является не только хорошей стратегией для улучшения качества оказываемых услуг, но и хорошим бизнесом. Электронная медицина или медицинская телематика (Health Telematics) становится третьим по экономическим параметрам сектором бизнеса в здравоохранении после фармацевтики и производства медицинской аппаратуры для получения медицинских изображений (УЗИ, рентгенография, томография).

Подсчитано, что затраты на ИКТ медицинского назначения возрастут с 1 до 5% в 2010 г; сегодня в Интернете есть 1500 медицинских сайтов; фармацевтика в онлайне повысит свой доход в 2004 г. до 384 миллиардов долларов. В частности, доказательная медицина требует принятия решений, которые основаны на комбинации данных больного и научно обоснованных фактов в большей степени, чем традиционные раньше опыт, знания и квалификация врача. Более того, сегодня есть настоятельная потребность уйти от бумажной к цифровой истории болезни, которая может «перемещаться» через разные клиники, в разные места - туда, где будет в данный момент находиться хозяин этой истории болезни. В техническом аспекте это проблемы стандартизации, потому как язык записи истории болезни должен быть понятным всем. Технологии защиты данных пациента тоже могут быть достаточно сложными и дорогими в использовании. Безопасность очень важный аспект: данные конкретного больного являются конфиденциальными, потому доступ к этой информации должен быть ограничен, а данные должны быть закодированы для гарантии их конфиденциальности и сохранности. Следует отметить, что электронное архивирование персональных данных строго регулируется европейскими и национальными законами.

Медицинская информация имеет огромные объемы и разброс. Большие ресурсы нужны для хранения историй болезни, содержащих снимки, данные ЭКГ, ЭЭГ и т.п., тексты, видеоинформацию, фотографии или другие виды цифровых данных. Более того, сама система здравоохранения является распределенной, и потому данные пациента могут быть в разных организациях. Связать эти структуры, связать соответствующие базы данных – задача, которая требует больших организационных, вычислительных, коммуникационных ресурсов. Медицинская информация далека от стандарта; формы используют взаимно несовместимые; стандарты незавершенные, и если где-то они все-таки внедрены, то это локально и строго привязано к конкретной системе.

Что такое Грид-технологии ?

Инновационные научные проекты используют Грид-технологии для интегрирования био – медицинских знаний, продвижения в графике и развития прогрессивных средств диагностики и лечения. Эти исследования дают основания утверждать, что системы, основанные на Грид-технологиях, могут сделать значительный вклад в плане доступа к источникам медицинских данных, обычно географически распределенных, улучшения возможности использовать компьютерные программы, извлекающие знания из медицинских данных. Все это в целом обеспечит высокий уровень стандарта медицинского обслуживания.

Хотя Грид-технологии имеют потенциал для многих применений (например, там, где требуются большие вычислительные ресурсы, большие объемы памяти, требуются данные из разных, географически разделенных источников или нужен неограниченный доступ), тем не менее, эти технологии применяют мало. Причины этого в нехватке адекватной инфраструктуры, недостатке понимания пользователей и, наиболее часто, недостаточном количестве применений в здравоохранении. Грид-медицина должна быть средой, где данные медицинского характера должны быть собраны, об-

работаны и предоставлены пользователям: ученым, врачам, медицинским центрам, аппарату управления и в дальнейшем - гражданам страны. Если бы такая инфраструктура отвечала всем требованиям безопасности, этики, нормативно-правовым инструкциям, то это позволило бы собрать воедино пост-геномную и медицинскую информацию, тем самым открывая возможность лечить больного индивидуально.

Грид-технологии могут быть классифицированы на:

- вычислительные грид-технологии, предназначенные для создания виртуального суперкомпьютера, который динамически агрегирует большое число индивидуальных компьютеров; такой суперкомпьютер обеспечивает платформу для решения задач, которые не могут быть решены одиночными системами;
- данные/информация/знания-грид-технологии сфокусированы на распределении огромных объемов данных; информация и знания с помощью грид-технологий могут обрабатываться с целью получения новых знаний, их использования, распространения;
- совместные грид-технологии создают виртуальную среду, в которой над общей проблемой работают индивидуалы или группы людей, географически отдаленные друг от друга. Эти технологии позволяют также реализовать виртуальные лаборатории или же осуществлять контроль или управление в удаленном режиме оборудованием, сенсорами, инструментом.

С самых первых экспериментов, в которых изучались возможности, предлагаемые сетями, грид-технологии возникли в той фазе, когда уже были готовые сети со свойствами грид-технологий, например, в сети NASA, CERN, NSF.

Однако понимание полезности использования крупномасштабных распределенных ресурсов еще не стало общепринятым. Причиной здесь может быть нехватка общепринятых стандартов, разнообразные и фрагментарные средства для создания Грид (соединения, программные средства, сервис). Бу-

дущее развитие Грид-технологий будет характеризоваться полным усвоением сервис – ориентированной парадигмой, технологий веб – сервиса, полной виртуализацией ресурсов и сервисов и возросшим использованием семантической информации и онтологий. Значительные усилия должны быть предприняты для того, чтобы обеспечить соответствующее высоко – технологичное оборудование, саму Грид – среду, которая бы покрыла сложность и стоимость приложений Грид. Доступность и применимость стандартов безопасности, поддержка качества сервиса, создание моделей бизнеса в среде Грид должны стать факторами развития и внедрения Грид-технологий.

Грид-медицина это есть инфраструктура грид, содержащая сервис, который специфичен для проблем обработки биомедицинских данных. Ресурсами в Грид-медицине являются базы данных, компьютерные ресурсы, медицинские знания, медицинские приборы. Грид-медицина очень близка к электронной медицине.

Хотя конечной целью электронной медицины в Европе должно было бы стать создание Грид-медицины, т.е. Грид, вбирающей в себя все ресурсы электронной медицины, включая безопасность и авторизацию ресурсов, с тем чтобы управлять независимыми узлами Грид медицины, на сегодня есть отдельные фрагменты с зачаточным состоянием грид-соединений. Ключевыми факторами развития грид-медицины, от которых зависит будущее развития этих технологий, являются следующие:

- право собственности и безопасности данных: грид-медицина, по сути, оперирует данными, но многие госпитали отказываются давать свои данные за пределы организации. Для полномасштабного внедрения грид-медицины и для привлечения бизнеса в эту среду важно поднять безопасность данных до уровня их конфиденциальности, что откроет доступ к ним извне. Биомедицинская информация должна быть ограждена от любых утечек; нарушение права собственности в

данном случае приводит к непоправимым ситуациям. Безопасная передача данных должна обеспечиваться безопасным хранением; высочайшие механизмы защиты должны исключать преднамеренный несанкционированный доступ к той части личных данных, которые могут быть расшифрованы и визуализированы;

- разработка нового инструментария: нужны средства работы с распределенными базами данных, средства извлечения новых знаний из данных, средства управления данными, которые являются важными в эпидемиологии, разработке новых лекарств или диагностике. Экспертные системы в рамках грид-технологий должны быть способны «добывать» в больших распределенных базах данных новые знания, которые полезны в ранней диагностике заболеваний, оценивать популяционные риски, эволюцию болезней или подходящие протеины для борьбы с специфическими заболеваниями;

- медицинское приложение: «Есть Всегда (Always On)» означает робастность и готовность грид предоставить многократно доступ к информации и источникам, если есть доступ к интернету, делает грид удобным для пользователей-медиков;

- создание и поддержка стандартов: согласие со стандартами медицинской информации является необходимым для доступа в большие базы данных. Существует много консолидированных и возникающих стандартов, которые надо учитывать. Сложная и мультимедийная информация, включающая снимки, биосигналы и т.д. – все это предмет стандартизации для грид-технологий.

Сегодня большинство приложений грид в медицине - это обработка огромных массивов данных для лучшего понимания болезней или разработки новых медицинских приборов в таких областях, как радиотерапия, нейрохирургия, челюстно-лицевая хирургия, получение медицинских изображений. Как пример можно указать на успех грид-технологий в

скрининговых программах по выявлению рака молочной железы.

Развитие грид-технологий

Грид-технологии постоянно развиваются. Бурная эволюция платформ и версий затрудняет прогресс приложений вне исследований продуктивности этих технологий. Главная забота промышленности состоит в определении и эксплуатации бизнес – модели в рамках грид. Но индустрия нуждается в большей стабильности и стандартизации инфраструктуры грид, прежде чем такая модель будет создана.

Критические проблемы, которые здесь должны быть заранее разрешены:

- соединения (middleware) не имеют надежной и исчерпывающей бухгалтерии; здесь должны быть четко идентифицированы провайдеры, покупатели, использующие самые разные ресурсы, принадлежащие разным организациям, частным лицам и т.п.;

- безопасность и модель собственности неадекватна для использования в приложениях;

- надежная спецификация (benchmarking) должна быть сделана для сертифицирования всех компонент, которые обеспечат качество сервиса и требований в медицинских приложениях. Сертификация соединений даже более важна в медицинских приложениях, поскольку легальные и этические факторы включают в себе потенциал влияния на заболеваемость и смертность;

- современное лицензионное программное обеспечение конфликтует с грид; эти модели не могут использоваться в среде грид, где компьютеры и пользователь должны очень четко определяться с самого начала. Поэтому лицензирование программного обеспечения будет происходить по-иному, но до этого пока можно использовать имеющееся программное обеспечение;

- прежде чем разрабатывать бизнес-ориентированные приложения, надо создать среду, в которой эти приложения будут работать. После соответствующего тестирования могут выявиться такие приложения, которые могут использо-

ваться на новых платформах без изменений.

Решение этих проблем приведет к эффективному широкомасштабному использованию грид-технологий индустрии здравоохранения. Залогом этого является консолидация ресурсов, эффективное обеспечение мощных вычислений, знаний и аналитических ресурсов, уменьшение стоимости исследований, ведущих к открытию легко используемых, доступных лекарств.

Сегодня есть две области медицины, потенциально способных эффективно применить и развивать грид-технологии - это фармацевтика и медицинские информационные технологии.

Создание привлекательного бизнеса для грид-медицины

В разных отраслях хозяйственной деятельности (авиация, автомобильный транспорт, банковское дело, оборона, производство) информационные технологии используются давно и эффективно. Однако в здравоохранении как отрасли ИКТ внедряются медленно и фрагментами; здесь мало высококачественного, хорошо документированного бизнеса, очень мало широкомасштабных внедрений. Почти нет примеров использования таких новейших технологий, как грид, в областях медицины, нуждающихся в них (генетика, графика, биоинформатика). Следовательно, в заявках на финансирование приоритеты должны быть расставлены таким образом, чтобы сделать жизненно важным бизнес в здравоохранении, базирующийся на грид-технологиях.

Прогресс грид в медицине, даже на стадии исследований, обязательно содержит этап инвестиций и эксперимента с ИТ. Главными факторами, обеспечивающими положительный сдвиг, могут быть:

- растущее понимание влияния медицинских ошибок на жизнь больного и результирующая стоимость лечения;
- требования к суперсовременным медицинским ресурсам на всех уровнях, подгоняемые старением населения в большинстве стран; доступ к различным

новейшим тестам, хирургическим операциям, лекарствам и т.д.

ИТ могут расширить возможности клиницистов, уменьшить стоимость лечения за счет эффективного его проведения (сокращения обследований, сокращения назначений) и лучшего использования распределенных медицинских ресурсов. Препятствием здесь является то, что с ростом возможностей грид растет и необходимость увеличения инвестиций в эту область. Во-первых, есть много стратегических и инвестиционных планов, сделанных на местном, региональном и национальных уровнях, которые не учитывают грид-технологии. Даже если первые и реально полезные медицинские приложения грид еще не будут готовы в течение нескольких лет, то причина в том, что они просто не были запланированы. Во-вторых, поскольку ИТ внедряются в ежедневную практику, то эта самая практика будет меняться. Такое изменение весьма значимо в клиническом смысле: например, рационализация обслуживания больного в поликлинике за счет ведения электронной истории болезни, получения его анализов из разных мест, рассылки его истории болезни по нужным местам - это очень большое изменение. К тому же следует отметить, что любые изменения в здравоохранении идут очень медленно. К примеру, в США требуется примерно 17 лет на то, чтобы какое-либо изменение прочно вошло в повседневную клиническую практику. Хотя грид-медицина была ожидаема как реализация стратегии электронной медицины, очень немногие высшие чиновники здравоохранения в Европе понимают потенциал или практичности грид-медицины; более того, они и не учитывают грид в своих будущих планах. Но риск состоит в том, что будет затратнее и тяжелее внедрять грид-технологии через 5-10 лет, пока потенциал грид будет понят, а стратегии будут изменены.

Качество, доступность и стоимость есть измерения успеха. Поэтому привлекательность грид-медицины для бизнеса должна объясняться в этих понятиях, ко-

торые хорошо воспринимают менеджеры здравоохранения. Отдел по электронной медицине Европейской Комиссии определил выгоды применения грид - технологий по трем позициям, упомянутым выше:

- улучшение качества обслуживания за счет быстрой диагностики, своевременного лечения, уменьшения медицинских ошибок;
- улучшение доступности медицинского обслуживания. Здесь грид, как и телемедицина, дает доступ большему числу пациентов, но предоставляет возможность сделать более глубокие исследования организма (по приемлемым ценам);
- снижение стоимости обслуживания за счет более раннего обнаружения заболевания, всестороннего обследования, выбора оптимальной стратегии лечения при расчетном (ожидаемом) исходе заболевания.

Важно, что перечисленные 3 фактора взаимосвязаны; «работа» одного из них неизменно приведет к положительной динамике остальных.

Почему грид-медицина ?

Действительно, зачем менеджеру здравоохранения, у которого есть большой выбор, куда вложить деньги и время, зачем он должен забивать себе голову информационными технологиями, да еще покупать их? Почему же на таком сложном, насыщенном рынке, как медицинские услуги, должно быть отдано предпочтение новым, часто неопробованным грид – технологиям ? Конечно, не все проблемы медицинской информатики могут быть решены с помощью грид. Но есть такие вопросы, где достоинство подхода перевешивают даже потенциальные недостатки относительно плохо опробованных, новых технологий. Приведем характеристики клинических проблем, которые точно могут быть решены с помощью грид-технологий:

- анализ, который требует динамически меняющихся выборок и методов исследования, например, исследования в генетике, когда в процессе работы могут потребоваться новые данные для получения достоверного результата;

- процессы сбора и анализа данных, независимо от места их хранения (организации), такая же распределенная задача результатов. Здесь просматриваются две области применения - научные исследования и пациенто-ориентированный анализ, где грид-технологии очень эффективны;

- крупномасштабный анализ, который требует соответствующую инфраструктуру для работы с очень большими объемами данных, которые должны быть собраны и обработаны. Опять же потенциально это генетика и медицинская графика;

- динамические совещания различных групп экспертов, реализуемых виртуально для постановки диагноза или обсуждения научных результатов. Отзывы клиницистов, работающих в реальных грид- проектах, показывают их большую заинтересованность в такого рода дискуссиях, поскольку здесь есть реальная польза для пациента;

- грид-технологии выгодны также тем, что экономят ресурсы небольших организаций: вычислительные, предоставляя возможность пользоваться компьютерами и программами далеко за пределами клиники; учебные - давая возможность разбирать сложные клинические случаи.

Таким образом, преимущество, даваемое грид- технологиями, становится выгодой для клиник, если им нужна масштабная, гибкая инфраструктура, которая может работать независимо от границ организаций и процессов.

Преграды к экономическому, быстрому внедрению

Множество барьеров к внедрению грид-технологий в медицине можно было бы разбить на три основные группы:

- управление и подотчетность. Например: результаты вычислений по грид-технологии не могут быть проверены экспертами, как это делается традиционно при публикации научных результатов. Динамика сбора данных, анализа, вычислений, выводов не может быть проверена, если только не будет готовиться специальная публикация, например, в виде электронной статьи. Вторая

трудность - использование данных; здесь должны быть выработаны такие критерии доверия, чтобы данные могли забирать те, кто в них нуждается, без контроля источника этих данных. Вопрос очень сложный;

- качество сервиса и скорость. В любой распределенной системе, где инфраструктура (компьютеры, база данных, сети) не в одних «руках»; возникает вопрос о доступности ресурсов, их надежности, поддержке взаимодействия с ними. Надо к этому добавить возможность спора за ресурсы, которые могут обрабатывать большие массивы данных, качество сервиса (гарантированная скорость отклика на запрос) - все это часто компрометирует технологии. Есть пути разрешения этих проблем, но это связано с большими затратами, или требует сильно структурированных процессов управления;

- несовершенные бизнес-модели и технологии. Многие грид – технологии могут применяться в научных областях, где человеческая жизнь не зависит от принятого решения. И прежде чем применить грид в областях, где предметом является человеческая жизнь, нужно провести не одно исследование. Грид – медицина потенциально является существенным дополнением к арсеналу исследователей, врачей, управленцев медицины, поскольку дает им возможность улучшить качество лечения и снизить его стоимость. Однако значительный прогресс требуется в управлении, качестве сервиса и рабочих моделях грид – технологий, прежде чем они станут широко распространены в повседневной жизни.

Область применения 1: медицинская графика и обработка изображений

Среди широкого спектра возможностей, где применение грид-технологий выгодно медицине, важное место занимает медицинская графика или визуальное представление одного из большинства обязательных случаев. Медицинский диагноз и лечение использует много снимков: рентгеновские, ультразвуковые, томограммы, сканированные изображения и т.д. Эта тенденция будет усили-

ваться, и тогда возникнет потребность в архивировании, хранении цифровых изображений, их компьютерной обработке. Понятно, что объем баз данных снимков на порядки выше, чем объемы баз данных историй болезни. Сами по себе медицинские снимки не представляют интереса - они нуждаются в интерпретации и анализе в контексте истории болезни пациента. Медицинские данные используются в диагностике заболевания, потом в процессе лечения больного; но это означает, что снимки, как часть истории болезни, также должны следовать за пациентом туда, где он обследуется или получает лечение.

Есть ряд факторов, которые делают организацию лечения больного, включая диагностику с данными медицинских снимков, довольно трудным. Во-первых, данные рассеяны по месту их получения. Врачи, как правило, не имеют возможности получить все медицинские данные по всем своим пациентам, и часто один снимок или даже серия снимков не дает врачу выставить полный диагноз. Снимки занимают большие объемы, особенно если они сложные (трехмерные изображения, временные последовательности и т.п.) ; они требуют описания; клинически и эпидемиологически значимые признаки непонятны без интерпретации, зависящей от многих переменных, таких как возраст, диета, история жизни, стиль жизни, анатомические и физиологические особенности, особенности, выявленные на снимках.

Системы PACS (“Patient Archiving and Communication Systems” - система архивирования и передачи данных пациента) используется сегодня во многих госпиталях с целью управления медицинскими данными. Однако PACS имеет ряд ограничений:

- часто отсоединяется от RIS (информационная система по радиологии), где хранятся снимки;
- PACS часто является лицензионной разработкой компаний по медицинской графике и не имеет открытых стандартов, облегчающих взаимодействие разных PACS;

- PACS обычно ограничивается управлением данных внутри одной организации (один госпиталь или ассоциация госпиталей) и не может быть тиражирована на национальном или международном уровне.

Манипуляция медицинскими данными в больших масштабах порождает проблемы безопасности и конфиденциальности персональных данных.

Грид-технологии предусматривают легкость в разработке распределенных медицинских информационных систем при соблюдении требуемой безопасности. Хотя Грид сам по себе не разрешает проблему разнородности форматов данных и коммуникационных протоколов, эти технологии служат базой внедрения соответствующих стандартов.

Медицинские снимки представляют собой большие объемы данных: один снимок может занимать объем от нескольких мегабит до одного гигабайта или больше. Общий объем цифровых снимков, производимых ежегодно в Европе, вероятно, превышает 1000 петабайт (petabyte). Правовые аспекты архивирования медицинских данных меняются от страны к стране, но реально наблюдается следующая тенденция к архивированию: 20 лет по любым данным, 70 лет - по специальным; при этом владельцем этих данных является только пациент.

Грид поддерживает распределенные базы данных. Некоторые Грид-соединения предлагают распределенные и прозрачные файловые системы, агрегирующие многие источники хранения и располагающие возможностями наращивать объемы хранения. Некоторые аспекты Грид, такие как контроль доступа и защита данных, еще исследуются. Если ограничиться рамками одного госпиталя, то особых сложностей в защите данных нет. Но при обмене через крупномасштабные сети этот вопрос становится весьма сложным. Кодирование данных для их передачи предпочтительно даже перед контролируемым доступом, поскольку доступ к ключам контролируется строже. Алгоритмы об-

работки медицинских изображений разрабатываются в течение двух последних десятилетий. Целью обработки является помощь клиницистам в управлении огромными массивами данных, диагностике и лечении: вручную обрабатывать 3-мерные изображения слишком сложно и чревато ошибками. Грид-технологии способны обеспечить различными алгоритмами обработки и возможностью сравнения полученных результатов, поскольку могут использовать для обработки большие вычислительные мощности. Технологии способствуют распространению алгоритмов, разработанных различными компаниями, институтами; работая с ними, пользователь может сравнивать результаты, продвигать эффективные алгоритмы и делать замечания разработчикам по их улучшению. Грид – технологии могут также сравнивать серии снимков одного пациента, либо множество снимков разных пациентов, имеющих одно заболевание. До появления Грид – технологий сделать это практически было невозможно.

Область применения 2: моделирование тела для выбора тактики лечения и хирургических вмешательств

Помимо получения медицинских данных, моделирование тела человека дает возможность делать прогнозы об изменении состояния того или иного органа. Выдающиеся успехи в моделировании были достигнуты в последние годы, благодаря усовершенствованию вычислительных платформ и прогрессу численных методов. Однако сделаны только первые шаги, и предстоит серьезно развивать виртуальное моделирование человека. Проблемы сложности и стоимости большинства компьютерных моделей тела человека могут быть предметом применения Грид-технологий.

Первый пример - цифровые атласы. Атласы традиционно использовались в анатомических и физиологических исследованиях. В течение многих веков атласы рисовали вручную эксперты, исходя из своих знаний. Атласы были попытками стандартного описания человеческого тела или его части, но в силу

субъективизма авторов и прогресса медицины часто пересматривались. С развитием ИТ стало возможным делать цифровые атласы, производство которых стало несравненно легче. Цифровые атласы успешно используются в медицине, резко ускоряя прогресс исследований, особенно в области изучения мозга. Производство атласов требует большого набора обучающих выборок для того, чтобы обеспечить репрезентативные вычисления в построении цифрового атласа. Грид-технологии здесь могут быть эффективно применены, улучшая производство анатомических и функциональных атласов человеческого тела. Можно также легко представить себе производство атласа конкретного человека.

Например, врач хочет исследовать мозг 50-летнего мужчины для диагностики множественного склероза; он может попросить сделать атлас на данных других пациентов, имеющих этот диагноз. Ясно, что такой атлас будет более точным, чем общие атласы.

Моделирование человеческого тела потенциально несет новые возможности медицинской науке и практике. Известные Virtual Human, Living Human Project являются первыми попытками моделировать тело, которые сталкиваются с большими трудностями - объемы данных, вычислительные мощности. Еще раз подчеркнем, что пока это области научных исследований. В области кардиологии компьютерное моделирование широко используется для улучшения понимания процессов имплантации искусственных клапанов или шунтов.

Много моделей тела разработаны для планирования лучевой терапии, диагностики в нейрохирургии, реконструктивной челюстно-лицевой хирургии и т.д. Сегодня эти разработки находятся на стадии экспериментальных исследований. Грид-технологии могут быть использованы для обеспечения доступа к необходимому компьютерному сервису и доставки результата вычисления на модели пользователю. Поэтому здесь важно изучить потребности, специфику,

конкретные возможности применения Грид – технологий, опять же имея в виду безопасность данных. В области моделирования органа, подвергающегося хирургическому вмешательству, требуется проводить вычисления в реальном времени, что редко изменяет требование к вычислительным ресурсам, программному обеспечению, каналам, надежности и соответствующей защите данных. С точки зрения экспертов, планирование лучевой терапии является наиболее реальной областью медицины, где потенциал Грид-технологий будет использован эффективно, т.к. эта область требует знаний физики, математики, биологии, биостатистики, медицины, методов математического моделирования и вычислительных экспериментов.

Область применения 3: Грид-технологии в фармацевтике

Фармацевтическая наука и практика базируется на большом разнообразии научных, маркетинговых, организационных данных. Эти данные часто записаны в уникальном формате. Например, снимки, модели, последовательности, полнотекстовые научные статьи, записи назначений, данные по оплате врачам. Данные носят как открытый, так и закрытый характер. Проблемы фармацевтики варьируют от проблем представления знаний и их интеграции, до распределенных систем поиска и контроля доступа, обработки и извлечения знаний, моделирования в реальном времени, разработки алгоритмов и программ. Грид-технологии собственно и предназначены для решения перечисленных задач. Фарма-Грид-технологии могли бы закрыть три области:

- распределенные вычисления с автоматической рассылкой заданий и получением результатов;
- ресурсы, обеспечивающие прозрачный и безопасный доступ к хранению и архивированию больших объемов данных в автоматическом режиме;
- ресурсы, которые обеспечат соединение, анализ и структурирование данных и информации в соответствии с за-

ранее определенными правилами (научный алгоритм или бизнес-план).

Область применения 4: Грид и эпидемиологические исследования

Анализ агрегированных данных требует создания сложных моделей и использования изоцированных статистических средств. Это требует совместной работы врачей и статистиков и перевода эпидемиологии как дисциплины на более высокий уровень. Влияние геномного анализа расширит типы изучаемых характеристик и диапазон знаний, которые необходимы для исследования. Грид-технология позволит объединить разрозненные базы данных и сделать возможным запрос к ним по данным пациентов, соблюдая при этом анонимность. Контроль над таким доступом может осуществляться самим госпиталем как собственником данных в соответствии с нормативами. В качестве примеров применения Грид-технологий в эпидемиологии приведем следующие:

- идентификация генов сложных заболеваний;
- статистические исследования: работа над популяцией, например, по теме невосприимчивости бактерий к антибиотикам;
- оценка лекарства: анализ влияния в рамках популяционного анализа;
- патологические эволюции в продолжительных исследованиях;
- грид открывают новые перспективы для подготовки и проведения медицинских миссий в развивающихся странах, т.к. поддерживают местные медицинские центры в смысле телеконсультаций, теледиагностики, телеобучения.

Область применения 5: Грид в геномной медицине

Полная реализация концепции геномной медицины, в которой геномика и протеомика используются для улучшения качества лечения, требует интеграции знания из всех областей науки, помимо биологии и медицины. Это означает, что научные, медицинские центры должны обслуживаться в рамках новой структуры компьютерных методов и

средств, сегодня называемой биомедицинской информатикой. При таком подходе все уровни информации (от молекул до популяций, через клетки, ткани, органы и пациента) должны использоваться на базе новых методов и средств.

По завершении известного проекта HGP (Human Genome Project) ожидаются качественные изменения в подходе к диагностике и лечению многих заболеваний, поскольку будут получены новые знания о взаимоотношениях между структурой генов, факторами среды обитания, физиопатологическими процессами.

В пост-геномной эре возможность изучения всех генов, всех протеинов, мутаций человеческих клеток открывает дорогу к новым исследованиям, до сих пор недоступным. Это поможет нам понять молекулярную основу сложных заболеваний и даст толчок к появлению новых методов лечения.

Биомедицинские ресурсы часто структурно не связаны, хотя их содержание идентично по смыслу. Чтобы преодолеть этот барьер, надо решить такую сложную задачу, как создание семантических ассоциаций. Недавние достижения Грид-технологий направлены на решение этой проблемы:

- веб-сервисы позволяют осуществлять поиск, активизацию распределенных сервисов и могут быть использованы для внедрения некоторых базовых биомедицинских приложений;
- управление базами данных и метаданными на основе Грид-технологий обеспечит безопасную, эффективную и автоматическую работу с данными;
- поддержка кластеров Виртуальных Организаций через Грид-сервисы обеспечит платформы для совместной работы.

Семантическая интеграция включает как моделирование и технические аспекты. В то время как моделирование станет базой семантического сервиса, технические возможности Грид гарантируют его эффективность в распределенной и Грид-среде.

Литература и вебlioгpафия

1. Healthgrid White Paper.- <http://whitepaper.healthgrid.org>. Last check 10.05.2005.
2. *Bescos C, Schmitt D, Kass J, Garcia-Barbero M, Kantchev P.* Interoperability and HealthGRID. *Methods Inf Med.* 2005;44(2):190-2.
3. Selected papers from HealthGRID 2004 Conference, January 29-30, 2004, Clermont-Ferrand, France. *Methods Inf Med.* 2005;44(2):137-269.
4. *Claerhout B, De Moor GJ.* Privacy protection for HealthGrid applications. *Methods Inf Med.* 2005;44(2):140-3.
5. *Zhang N, Rector A, Buchan I, et al.* A linkable identity privacy algorithm for HealthGrid. *Stud Health Technol Inform.* 2005;112:234-45.
6. *Hartswood M, Jirotko M, Procter R, Slack R, Voss A, Lloyd S.* Working IT out in e-Science: experiences of requirements capture in a HealthGrid project. *Stud Health Technol Inform.* 2005;112:198-209.

Надійшла до редакції: 12.05.2005.

© А.М. Ходжибаев, Ф.Т.Адылова

Кореспонденція: Адилова Ф.Т.,
вул.Ходжаєва, 34, 700125, Ташкент, Узбекистан
E-mail: fatima@cyber.uzsci.net