Балута В.И.¹, Копылова Т.В.²

Краткий обзор сфер применения искусственного интеллекта в решении задач борьбы с пандемией

¹Российский экономический университет им. Г.В.Плеханова

²Российский университет дружбы народов
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-05-2021-03

Аннотация

Информационные технологии, методы обработки и использования данных в современном мире играют все более значимую роль, позволяя решать множество ранее трудноразрешимых проблем на новом уровне. В настоящей статье приводится краткий обзор примеров из опубликованных работ, охватывающих различные направления использования технологий искусственного интеллекта в решении вопросов, вызванных проблемой пандемии COVID-19.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и CNPq (Бразилия), Фонда содействия инновациям (Россия), DBT, DST (Индия), MOST, NSFC (Китай), SAMRC (ЮАР) в рамках научного проекта № 20-51-80002.

Ключевые слова: пандемия COVID-19, искусственный интеллект, моделирование, качество данных, мониторинг сетевых ресурсов.

Abstract

Information technologies, methods of data processing and use in the modern world are playing an increasingly important role, allowing us to solve many previously intractable problems at a new level. This article provides a brief overview of examples from published works covering various areas of use of artificial intelligence technologies in solving issues caused by the COVID-19 pandemic.

The research was carried out with the financial support of the RFBR and CNPq (Brazil), the Innovation Promotion Foundation (Russia), DBX, DST (India), MOST, NSFC (China), SAMRC (South Africa) in the framework of scientific project No. 20-51-80002.

Keywords: COVIND-19 pandemic, artificial intelligence, modeling, data quality, network resource monitoring.

Охватившая в считанные месяцы всю планету пандемия COVID-19, а еще более – декларируемая угроза новых эпидемий с неизвестными ранее характеристиками возбудителей активизировали исследования в области эпидемиологии, одним из направлений которых стала разработка методов и инструментов оперативного выявления всплеска заболеваний, а также прогнозирования динамики распространения инфекции на базе современных возможностей информационных технологий, в том числе, связанных с анализом и обработкой данных на основе методов искусственного интеллекта.

Число тематических публикаций по данной проблематике постоянно увеличивается, поэтому в настоящей статье путем рассмотрения отдельных работ приведен некоторый срез примеров, дающий представление о разнообразии возможных сфер применения программно-инструментальных подходов, которые в своей совокупности сейчас относятся к технологиям искусственного интеллекта.

Одной из ключевых задач реагирования на масштабное распространение инфекционных заболеваний является своевременность выявления самого факта зарождения эпидемии. Рассмотрению традиционных сложностей решения такой задачи и анализу возможностей альтернативных путей ее решения за счет обработки дополнительных данных посвящена статья [1]. Автор отмечает, что ключевым

вопросом в борьбе с эпидемиями для органов здравоохранения в большинстве стран стало заметное запаздывание реакции на их появление и идентификацию возбудителей, что существенно ограничивает своевременную локализацию и подавление очагов инфекции. Такое запаздывание, как правило, обусловлено необходимостью последовательного выполнения ряда организационных процедур, занимающих длительное время – сбор статистической информации и обнаружение факта появления и учащения сходных по характеру развития случаев заболеваний, последующую проверку анализов в специализированных лабораториях с диагностикой возбудителей, определение среды и каналов распространения, разработку и проверку эффективности профилактических мер. Даже для хорошо изученного заболевания, такого как грипп, о появлении симптомов которого врачи составляют регулярные отчеты в рамках программы эпидемиологического надзора, может потребоваться несколько недель, чтобы идентифицировать вспышку и отреагировать на нее. Для заболеваний, которые не контролируются в подобном регулярном режиме, задержка вообще может оказаться катастрофической.

В своей работе [1] автор анализирует результаты решения указанной проблемы за счет использования данных косвенного характера, циркулирующих в информационном пространстве. На основе обобщения результатов ряда успешных примеров такого использования данных он делает заключение о целесообразности создания систем целенаправленного мониторинга информационных потоков. В статье проводится разбор ряда примеров, которые уже сами по себе служат демонстрацией возможностей современных информационных технологий, на основе анализа результатов делается вывод, что при соответствующем внимании данные, которые генерируются в интернете, могут использоваться для более своевременной идентификации разного рода вспышек инфекционных заболеваний. Прежде всего, акцентируется внимание на исследованиях, проводимых компанией Google, которая осуществляет мониторинг частотности разного рода поисковых запросов. В частности, начиная с 2008 г. с помощью алгоритма Google Flu Trends были выделены наиболее релевантные по отношению к появлению эпидемии гриппа запросы, которые в дальнейшем послужили основой для выявления темпов распространения заболеваемости. Сопоставление темпов роста подобных запросов с результатами регистрации больных позволило сделать заключение о возможности прогнозировать вспышку заболеваемости гриппом в тех или иных местах с точностью до одного дня, что и было продемонстрировано в последующие периоды времени. Тем не менее, была отмечена ограниченность созданного инструмента. Будучи заточенным на эпидемию гриппа, алгоритм пропустил начало пандемии H1N1 в 2009 г. Кроме того, в период текущей пандемии COVID-19 этот алгоритм также не сработал. Разбавившие проблему специалисты сделали вывод об искажении новостных информационных потоков как о вероятной причине последнего сбоя. Главной из них стала паника, посеянная сообщениями в СМИ и существенно исказившая характер и частоты запросов пользователей поисковика. Тем не менее, полученные на начальном этапе первичные положительные результаты предложенного подхода инициировали исследования других ученых в этой сфере. Так, в Бразилии сообщения в Twitter использовались для прогноза распространения лихорадки Денге. Аналогично, на базе данных поисковых запросов в Google и Twitter удалось спрогнозировать распространение вируса Зика в Латинской Америке за несколько недель до того, как официальные заявления о вспышке были сделаны должностными лицами общественного здравоохранения. Несмотря на отмеченные успешные случаи, проблема получения релевантных данных для использования в заявленных целях сохраняется. И она связана не только с выявлением спектра требуемых данных и настройкой (обучением) алгоритмов, но в большей степени с ограничением доступности самих данных. В силу проприетарности указанных поисковых сервисов специалисты, отвечающие за сферу эпидемиологии, не

могут получить доступ к нужным им данным без привлечения самих разработчиков этих систем, что снижает оперативность и вариабельность исследований. Автор [1] обращает внимание на то, что поисковые системы – только один из примеров получения информации на основе косвенных источников. По сравнению с поисковыми системами значительно более релевантная информация может быть получена из сетевых сообществ, особенно целевого профиля. Так, практика показала, что одним из таких источников уже сегодня является сетевое сообщество медиков ProMED-mail, объединяющее более 70 000 человек со всего мира и собирающее сообщения медиков об инфекционных заболеваниях. При правильном использовании эти потоки данных в Интернете могут дать системам общественного здравоохранения значительную фору в мобилизации ответных мер на вспышку заболевания. В частности, именно эта сеть привлекла внимание к появлению новых инфекционных заболеваний, когда медики впервые выявили вспышку тяжелого острого респираторного синдрома (ТОРС) в 2003 году в Китае, а также сообщили о БВРС (ближневосточном респираторном синдроме) в Саудовской Аравии в 2012 году.

Все вышеприведенные примеры свидетельствуют о наличии возможности идентификации вспышек заболеваний по множеству информационных признаков, извлекаемых из Интернета. Однако наиболее надежным и достоверным источником информации по инфекционным заболеваниям должны стать непосредственные данные из медицинских карт, в которых сразу отражаются и симптомы, и периоды, и характер заболевания. При наличии доступа к таким данным в обезличенной обобщенной форме с помощью обработки их специализированными алгоритмами можно оперативно выявлять сходные признаки заболеваний в определенных локальных зонах и своевременно предпринимать меры. Автор констатирует, что пока ни в США, ни где-либо еще нет регламентов своевременного внесения таких данных в единую базу, нет оперативного доступа к подобной информации, нет и автоматизированных средств их целенаправленной обработки.

В то же время, комплексное объединение подобных разнородных источников данных в рамках одной или нескольких систем контроля может сыграть положительную роль в создании системы своевременного выявления эпидемий и повышения оперативности реагирования. К сожалению, даже при решении обозначенных вопросов остается одно «но» юридического характера: своевременное выявление фактов появления признаков эпидемии на основе целевого мониторинга информации из интернета или обработки целевых баз данных недостаточно, так как результаты подобного мониторинга все равно остаются предположительными и недостаточно надежными до тех пор, пока они не подтверждены клиническими лабораторными исследованиями. А такие исследования требуют значительного времени для определения возбудителя и его характеристик, которые и определяют перечень целесообразных противоэпидемических мер.

Тем не менее, мониторинг сетевых ресурсов может использоваться не только для выявления, контроля и прогнозирования динамики распространения инфекционных заболеваний. Своеобразная сфера использования данных из интернета описана в работе китайских исследователей [5], которые предложили комплексную технологию анализа разнообразных сведений для оценки настроений в обществе в целях выработки рекомендаций по формированию текущей информационной политики в кризисных условиях пандемии.

Исследование китайских ученых было направлено на оценку общественного внимания, восприятия риска, эмоций и поведенческих реакций на вспышку COVID-19 в режиме реального времени на основе данных наблюдения за социальными сетями. С этой целью авторы собрали и обработали данные из самых популярных китайских социальных сетей: Sina Weibo, Baidu search engine и Ali e-commerce marketplace за период с 1 декабря 2019 года по 15 февраля 2020 года. Графы сообщений Weibo и

поиск Baidu были использованы для создания индексов оценки общественного внимания. Публичное намерение и фактическое принятие рекомендуемых мер защиты или панические покупки, вызванные слухами и дезинформацией, измерялись индексами Baidu и Ali. Сообщения качественного характера в сети Weibo были проанализированы программой лингвистического исследования и анализа текста подсчета слов для оценки общественного мнения и эмоциональных реакций как на имевшиеся сообщения об эпидемиологических событиях, так и на заявления правительственных органов и меры контроля.

В ходе исследований были выявлены два упущенных окна возможностей для ранней эпидемической борьбы со вспышкой COVID-19, когда общественное внимание было очень низким, несмотря на появление вспышки болезни. Несвоевременное обнародование объективной информации вызвало негативные общественные эмоции, потребовавшие в последующем более энергичного вмешательства правительственных органов для ликвидации панических настроений. Были отмечены появление слухов и дезинформации относительно средств правовой защиты и лечения, которые привели к паническим покупкам во время вспышки болезни. В последующем общественность быстро отреагировала на правительственные заявления и приняла рекомендуемые формы поведения в соответствии с изданными руководящими принципами. Таким образом, показано, что в условиях кризиса своевременное выявление и прояснение слухов эффективно снижает иррациональное поведение в обществе.

Авторы делают вывод, что грамотный мониторинг информации в социальных сетях в режиме реального времени может обеспечить своевременную оценку реакции общественности на предпринимаемые меры в борьбе с эпидемией и на качество информирования о рисках, в том числе своевременное выявление и разъяснение слухов. Исходя из этих возможностей, такого рода мониторинг также должен быть включен в системы обеспечения готовности к эпидемии и реагирования на нее.

Помимо своевременного выявления начальной вспышки эпидемии не менее важным является вопрос оценки масштабов и динамики распространения новой инфекционной болезни. Современные нейросетевые технологии могут быть предложены для получения ответов на эти вопросы. Предварительные результаты применения инструментов машинного обучения для анализа пандемии коронавируса в локальном и общемировом масштабе были представлены в работе [3], опубликованной уже в апреле 2020 года. В качестве базовой модели развития эпидемии была принята широко известная типовая модель SIR. Основываясь на открытых данных о случаях заражений, опубликованных к тому времени на сетевом ресурсе [4], авторы провели оценку основных ключевых параметров модели с применением двух типов нейросети. Полученные характеристики были использованы для составления прогноза относительно точек перегиба и возможного времени развития пандемии в таких странах, как Китай, Италия, Иран, Сенегал, а также для мира в целом. В то же время авторы подчеркнули, что имевшиеся на тот момент данные были недостаточны для корректного обучения нейросетей.

Математическое моделирование распространения инфекции применялось не только для прогноза масштабов развития болезни, но и для оценки эффективности противоэпидемических мер. Так, в работе итальянских исследователей [5] приведены результаты моделирования развития эпидемии с оценкой влияния различных сценарных мер санитарного дистанцирования. С учетом установленных на начальном этапе особенностей распространения инфекции COVID-19 авторами на основе подходов SIR-моделирования предложена расширенная модель, названная SIDARTHE, в которой в дополнение к традиционным категориям введен учет обнаруженных и необнаруженных случаев инфекции, а также введен учет различия между степенями тяжести заболевания делением на не угрожающие жизни случаи и потенциально опасные для жизни случаи, требующие помещения больных в отделения интенсивной

терапии. Повторное заражение в модели не учитывается в силу крайне малого числа выявленных случаев. Показано, что в долгосрочной перспективе модель не чувствительна к начальным данным. Для калибровки параметров модели использовались полученные к моменту ее применения национальные данные об эволюции эпидемии. Основываясь на откалиброванной по реальным данным модели, авторами были рассмотрены возможные долгосрочные сценарии, демонстрирующие воздействие различных контрмер для сдерживания распространения инфекции. На основе модели проведены исследования и приведены прогностические графики популяционной динамики распространения заболеваемости при различных требованиях ограничительного характера к соблюдению социальной дистанции, которые в дальнейшем послужили обоснованием для выработки управленческих решений.

Можно выделить еще одну сферу активного использования технологий искусственного интеллекта в ходе пандемии, а именно, сферу контроля за поведением и перемещением граждан с целью соблюдения мер по ограничению распространения инфекции. Примеры практического применения подобных технологий в разных странах приведены в работе [6].

В частности, в Китае была оперативно внедрена система дистанционного распознавания заболевших лиц. Для этих целей сотрудники правоохранительных органов были снабжены специально разработанными шлемами, способными выявлять и определенным образом пометать людей с высокой температурой тела. Кроме этого, на период карантина была введена система Health Check, функционирующая на популярных платформах Alipay и WeChat, с помощью которой автоматически генерировались специальные QR-коды, которые в зависимости от статуса человека, его запросившего, определяли степень свободы передвижения, выделяя цветом пропуска: зеленый (свобода передвижения), оранжевый (семь дней карантина) или красный (14 дней карантина).

В Израиле было запущено приложение для телефона, целью которого было информирование пользователей мобильных устройств об опасности контактов с потенциальными носителями вирусной инфекции.

В Южной Корее была развернута комплексная система тотального мониторинга за инфицированными и контактирующими с инфекцией гражданами. Непрерывно при помощи искусственного интеллекта анализировались GPS-координаты находящихся под наблюдением граждан, а также их операции по картам, пользование транспортом и данные с камер видеонаблюдения. В случае нарушения предписанного им режима информация моментально поступает в специально созданный центр мониторинга. Благодаря своевременному внедрению этой системы Южная Корея стала одной из немногих стран, которая обошлась без всеобщей самоизоляции.

В Сингапуре было реализовано мобильное приложение TraceTogether, созданное для борьбы с распространением инфекции, которое также позволило отказаться от массовой изоляции граждан. Отличительной чертой этого подхода является способ сбора данных, который ориентирован на выявление и фиксацию Bluetooth-контактов между мобильными аппаратами. Благодаря чему отслеживались встречи людей только в зоне опасности заражения, что позволяло не проводить тотальный мониторинг всех перемещений каждого человека. В случае, когда человек заболел, система автоматически оповещала всех, с кем он контактировал в последние 14 дней, о необходимости предпринять профилактические меры.

В Италии также было запущено приложение, которое помогало отслеживать маршрут зараженного вирусом человека и предупреждать людей, оказывающихся с ним в контакте. Важным аспектом этой системы являлось выполнение требований по соблюдению конфиденциальности, поскольку при распространении оповещений не раскрываются данные абонентов, а лишь фиксируются перемещения их смартфонов.

В Москве были реализованы некоторые аналоги перечисленным выше мерам контроля с помощью средств ИКТ (информационно-коммуникационных технологий). Одним из них стала выдача специальных пропусков и контроль за перемещениями граждан с помощью систем видеонаблюдения в период жесткой самоизоляции. Второй мерой стало использование технологии «социального мониторинга» местоположения пациентов с подтвержденным коронавирусом, которым определено лечение в домашних условиях, по геолокации их мобильного телефона.

Авторы статьи подчеркивают, что, с одной стороны, использование искусственного интеллекта открывает множество возможностей для улучшения ситуации, поскольку с его помощью можно контролировать эпидемиологическую обстановку, прогнозировать эволюцию вспышек заболевания, защищать население, пусть даже и за счет ограничения свободы передвижения. С другой стороны, несмотря на положительные моменты, все эти меры, так или иначе вмешивающиеся в частную жизнь или ограничивающие права граждан, нуждаются в соответствующем правовом обеспечении.

Важность внимания к качеству публичных данных, попадающих в информационное пространство, была проанализирована в работе [7], поскольку зачастую именно на этих данных базируется оценка обществом эффективности усилий государственных органов в борьбе с пандемией путем сопоставления фактологических данных из разных стран.

Автор отмечает, что сведения о количестве заболевших и умерших от COVID-19 сегодня собираются странами в оперативном режиме и становятся быстро доступны всем желающим. Открытые данные об эпидемии крайне важны для контроля над заболеванием и для информирования населения. Они используются как исследователями и правительствами для анализа эпидемии и моделирования ее дальнейшего развития, так и средствами массовой информации, блогерами и другими лицами, формирующими общественное мнение. На основе публикуемых чисел о заболеваниях и смертях от COVID-19 делается множество различных выводов, которые быстро распространяются в сети Интернет через социальные медиа-платформы. Но, несмотря на доступность и открытость самих этих данных, которые существуют сегодня, гораздо меньше известно о том, на основании каких критериев эти данные собираются и в чем их ограниченность. Анализ доступной информации о том, как формируются данные о количестве заболевших и умерших в разных странах, приведенный в упомянутой статье, показывает, что очень часто данные оказываются несопоставимы между собой. Разные страны используют различные критерии как для проведения тестов на вирус и выявления заболевших, так и для определения смертей от COVID-19. Более того, сами эти критерии могут также меняться со временем по мере переоценки ситуации. Результаты могут существенно зависеть от качества применяемых тестов, от количества проводимых тестирований, от правил регистрации тех или иных параметров. Так, отмечались случаи, когда в число умерших от COVID-19 записывались все смертельные случаи только на основании тех соображений, что за работу с такими больными медицинским клиникам выделялось дополнительное финансирование.

Недопонимание уровня ограниченности используемых данных, степени их сопоставимости может привести к ложным выводам и интерпретациям. С одной стороны, такие данные обычно используются для калибровки разных моделей исследователями, включая модели, базирующиеся на обучении искусственного интеллекта, что само по себе может служить причиной систематических ошибок и влиять на выработку ошибочных управленческих решений. Кроме того, сравнение стран по заболеваемости и летальности от COVID-19 на основе данных, собираемых согласно разным критериям, может иметь и далеко идущие политические последствия, а именно, в части того, каким образом на основе данной информации люди оценивают

усилия, предпринятые правительством их страны по сокращению заболеваемости и смертности. Именно поэтому автор акцентирует внимание на то, что наряду с общим информированием в общедоступном информационном пространстве должен присутствовать глубокий анализ возможных причин существенного расхождения данных разных стран как по процентному количеству заболевших, так и по летальности исходов.

Можно привести еще один пример использования современных информационных технологий, подчеркивающих роль и значимость информационного обеспечения в решении проблем пандемии. Непосредственно для исследователей большой интерес может представлять ресурс, в котором на сегодняшний день стали концентрироваться публикации по проблеме пандемии, а именно, сайт [8], на котором аккумулирована большая база публикаций, имеющих отношение к вопросам пандемии. Как заявлено в преамбуле данного сайта, в первую очередь он адресован разработчикам ИИ по автоматизированному анализу текстов: «... коалиция ведущих исследовательских групп подготовили открытый исследовательский набор данных COVID-19 (CORD-19). Covid-19 Open Research Dataset Challenge (CORD-19). CORD-19 – это ресурс, содержащий более 400 000 научных статей, в том числе более 150 000 с полным текстом, о COVID-19, SARS-CoV-2 и связанных с ними коронавирусах. Этот свободно доступный набор данных предоставляется мировому исследовательскому сообществу для применения последних достижений в области обработки естественного языка и других методов искусственного интеллекта с целью получения новых знаний в поддержку продолжающейся борьбы с этим инфекционным заболеванием».

Создатели ресурса обращают внимание на то, что масштабный рост публикаций по вопросам коронавирусной инфекции создает большие трудности для медицинского сообщества в выделении значимых фактов и расширенном распространении необходимой информации. Поэтому создатели обращаются «к мировым экспертам по искусственному интеллекту с призывом разработать инструменты интеллектуального анализа текста и данных, которые помогут медицинскому сообществу найти ответы на приоритетные научные вопросы. Набор данных CORD-19 представляет собой самую обширную машиночитаемую литературу по коронавирусам, доступную на сегодняшний день для интеллектуального анализа данных. Это дает мировому сообществу исследователей искусственного интеллекта возможность применять текстовые подходы и методы интеллектуального анализа данных для поиска ответов на вопросы внутри этого контента и объединения информации по всему контенту в поддержку текущих усилий по реагированию на COVID-19 во всем мире. Такие подходы приобретают все большую актуальность в связи с быстрым ростом литературы по коронавирусам». База эпизодически обновляется (по состоянию на 30.04.21 размещена 87 версия) и может служить хорошим информационным источником по различным аспектам, связанным с исследованиями пандемии, извлечением существенной информации и новых знаний, а также созданием современных средств моделирования.

Заключение

Анализ научных публикаций показывает большое разнообразие возможного практического применения современных технологий, связанных с обработкой больших данных методами искусственного интеллекта в широкой трактовке этих понятий. В их числе использование данных о динамике определенной активности пользователей в интернете для раннего выявления появления и протекания эпидемических процессов, анализ настроений в сетевых сообществах для корректировки информационной политики органов управления, модели прогноза развития пандемии с применением нейросетей на основе динамики сообщений о новых случаях заражения и другой информации о развитии заболеваний, специализированные методы и системы

мониторинга перемещений инфицированных лиц, а также предупреждения об опасности потенциально контактирующих с ними людей и ряд других.

1. M. Eisenstein, "Infection forecasts powered by big data," *Nature*, vol. 555, no. 7695, 2020. doi: 10.1038/d41586-018-02473-5.
2. Z. Hou, F. Du, H. Jiang, X. Zhou, and L. Lin, "Assessment of public attention, risk perception, emotional and behavioural responses to the COVID-19 outbreak: social media surveillance in China," *Risk Perception, Emotional and Behavioural Responses to the COVID-19 Outbreak: Social Media Surveillance in China* (3/6/2020), 2020.
3. B. M. Ndiaye, L. Tendeng, and D. Seck. Analysis of the COVID-19 pandemic by SIR model and machine learning technics for forecasting / arXiv:2004.01574v1 [q-bio.PE] 3 Apr 2020.
4. COVID-19 Data Hub, available on <https://www.tableau.com/covid-19-coronavirus-data-resources>.
5. G. Giordano, F. Blanchini, R. Bruno, P. Colaneri, A. Di Filippo, A. Di Matteo, M. Colaneri et al., "A SIDARTHE model of COVID-19 epidemic in Italy," arXiv preprint arXiv:2003.09861, 2020.
6. Кашкин С. Ю., Тищенко С. А., Алтухов А. В. Правовое регулирование применения искусственного интеллекта для борьбы с распространением COVID-19: проблемы и перспективы с учетом мирового опыта // *Lex russica*. — 2020. — Т. 73. — № 7. — С. 105—114. — DOI: 10.17803/1729-5920.2020.164.7.105-114
7. Данилова И.А. Заболеваемость и смертность от COVID-19. Проблема сопоставимости данных / *ДЕМОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОЗРЕНИЕ*. 2020. ТОМ 7, №1: 6-26.
8. <https://www.kaggle.com/allen-institute-for-ai/CORD-19-research-challenge> (Covid-19 Open Research Dataset Challenge (CORD-19)).

Волковская В.В., Черная А.А., Гулякин Д.В.

**Современное программное обеспечение для расчетов различных конструкций,
используемое строителями**

*ФГБОУ ВО «Кубанский Государственный Технологический Университет»
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/lj-05-2021-04

Аннотация

Информационные технологии уже давно пронизали все сферы жизни, в том числе и архитектурно-строительное проектирование. Автоматизация проектирования требуется на всех стадиях проекта – от задумки до сдачи объекта в эксплуатацию. Системы автоматизированного проектирования (САПР) облегчают и ускоряют работу. Знание основ автоматизированного проектирования и умение работать со средствами САПР требуются практически любому инженеру-проектировщику. Математическое обеспечение САПР отличается богатством и разнообразием используемых методов вычислительной математики, математического программирования, статистики, дискретной математики, искусственного интеллекта. Сегодня при проектировании строительных конструкций в проектных организациях значительная часть расчетов выполняется с помощью специальных проектно-вычислительных комплексов, в которых отражаются и используются самые современные достижения по расчету и проектированию сооружений.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, BIM - технологии, САЕ – система, расчет конструкций, информационное моделирование, компьютерное моделирование.

Abstract

Information technologies have long permeated all spheres of life, including architectural and construction design. Automation of design is required at all stages of the project—from the idea to the commissioning of the object. Computer-aided design (CAD) systems make work easier and faster. Knowledge of the basics of computer-aided design and the ability to work with CAD tools are required by almost any design engineer. The