



**ПРОГНОЗНАЯ АНАЛИТИКА  
В СИСТЕМЕ  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ**



### **Павель Комарь**

автор, обозреватель, лектор, медицинский эксперт, врач



### **Владимир Дмитриев**

редактор, руководитель исследовательской группы и коммерческий директор **EverCare.ru**, директор по производству НПК «ЭвиПро», директор по развитию бизнеса ГК «Даксмед»



### **Ледяева Анастасия**

редактор, к.м.н., преподаватель-исследователь ВолГМУ, врач функциональной диагностики, лектор



### **Болотова Станислава**

контент-менеджер, специалист по связям с общественностью



научный консультант

### **Игорь Шадркин**

руководитель проекта Uroweb.ru  
уролог, инженер-программист, заведующий лабораторией электронного здравоохранения института цифровой медицины ПМГМУ им. И.М. Сеченова

---

### **Контактные данные:**

Дмитриев Владимир Сергеевич  
v.dmitriev@evercare.ru  
+7 926 758 3036 (WhatsApp, Viber, Telegram)  
Facebook: <http://www.facebook.com/dmitriev.pad>  
Instagram: <http://www.instagram.com/dmitriev.pad>

# Оглавление

<u>Список сокращений</u> .....	4
<u>Введение, описание актуальной ситуации на рынке РФ и в мире</u> .....	5
<u>Оценки риска в здравоохранении</u> .....	7
<u>Методы оптимизации системы здравоохранения.</u> ....	9
<u>Список компаний, лидирующих в системе предиктивной аналитики в сфере менеджмента здравоохранения</u> .....	13
<u>Заключение</u> .....	14
<u>Ссылки на литературные источники</u> .....	16

# Список сокращений

**ИИ** – Искусственный интеллект

**ЛПУ** – Лечебно-профилактическое учреждение

**МИС** – Медицинская информационная система

**CDC** – Центры по контролю и профилактике заболеваний США (Centers for Disease Control and Prevention)

**NIH** – Национальный институт здоровья США (National Institutes of Health)

# Введение, описание актуальной ситуации на рынке РФ и в мире

Медицинская аналитика – это широкое использование данных, статистического и количественного анализа и новых аналитических моделей, таких как сравнительное, когнитивное и предиктивное моделирование, которые помогают выявлять и понимать шаблоны ретроспективных данных, прогнозировать будущие события и предписывать наилучший курс действий. Аналитика в области здравоохранения помогает организациям получать практические знания для принятия основанных на фактах решений для улучшения финансовых, операционных и клинических показателей; таким образом, позволяя улучшить качество обслуживания и снизить расходы на здравоохранение.

Прогнозная аналитика в медицине представляет собой дисциплину, в которой используются различные методы моделирования, интеллектуального анализа данных, статистики и искусственного интеллекта (ИИ) для оценки и анализа данных для прогнозирования будущих исходов. Она может оценивать исторические данные и данные в реальном времени, позволяя делать прогнозы на будущее и помогая организациям увидеть закономерности, которые могут сделать ваши операции более эффективными и обеспечить более высокое качество обслуживания. На сегодняшний день область медицины, включая систему медицинского страхования, здравоохранения и фармацевтическую промышленность, является одним из самых актуальных направлений в части оптимизации управления. Актуальность обусловлена следующими ключевыми проблемами:

- 1. Рост численности населения** – по данным Департамента по экономическим и социальным вопросам Организации Объединенных Наций на май 2021 г. численность населения составляет 7,87 млрд человек (1). При этом ежегодный прирост составляет около 1% в год – 80 млн человек в год.
- 2. Демографическое старение населения** – количество людей в возрастной группе от 65 лет и старше растет большими темпами по сравнению с другими возрастными группами. По данным отчета 2019 Revision of World Population Prospects в 2019 года к 2050 году каждый шестой человек в мире будет старше 65 лет (16% населения), по сравнению с каждым 11-м в 2019 году (9% населения). В 2018 году впервые в истории число людей в возрасте 65 лет и старше превысило число детей в возрасте до пяти лет во всем мире. Согласно прогнозам, число людей в возрасте 80 лет и старше утроится: с 143 миллионов в 2019 году до 426 миллионов в 2050 году (2).

- 3. Увеличение заболеваемости населения** – общепризнанным является тот факт, что хронические патологии, такие как заболевания сердечно-сосудистой системы, онкология, хронические респираторные заболевания, иммунные, в том числе онкология, и эндокринные патологии являются основной причиной смерти в мире – они вызывают 60% всех случаев смерти. Ежегодно из 41 миллионов человек, скончавшихся в результате хронических болезней, половина людей умирает в возрасте до 70 лет. Вероятность смерти от диабета, рака, сердечно-сосудистых заболеваний и хронической болезни легких в возрасте от 30 до 70 лет составляет 19%, что на 17% меньше аналогичного показателя в 2000 году. Тем не менее, общее число случаев смерти от неинфекционных заболеваний возрастает в связи с ростом численности населения и его старением (3).
- 4. Рост расходов на систему здравоохранения** – несмотря на то, что пандемия вызвала более широкую инвестиционную поддержку системы здравоохранения со стороны широкой общественности, юридических лиц и правительств в 2020 году глобальные расходы на здравоохранение составили 8,3 трлн долларов США, а по аналитическим данным в 2021 году вырастут на 5,8% до 8,8 трлн долларов США (4). Общие затраты на здравоохранение в период с 2000 года, включая как государственные, так и личные расходы, выросли в среднем на 57% (5).
- 5. Ограниченность ресурсов и доступности медицинской помощи** – к концу десятилетия миру потребуется 80 миллионов работников здравоохранения, чтобы удовлетворить потребности мирового населения – вдвое больше, чем существовало в 2013 году. Согласно данным, к 2030 году недостаток медицинских специалистов составит около 18 миллионов человек в мире, что несомненно приведет к серьезным последствиям для здоровья миллиардов людей во всем мире. Дефициту способствуют несколько ключевых факторов, в том числе растущее, стареющее население, стареющие кадры здравоохранения, быстрое увеличение хронических заболеваний и ограниченный потенциал программ санитарного просвещения. На начало 2021 года в мире уже не хватает более 7,2 миллиона человек без учета последствия пандемии COVID-19. А за время эпидемии почти 300 тыс. медицинских работников переболели ковид, при этом 14% из них умерло от осложнений (6).

# Оценки риска в здравоохранении

Оценки риска в здравоохранении могут сыграть ключевую роль в укреплении здоровья и профилактике заболеваний как на индивидуальном, так и на популяционном уровне. Для многих систем и организаций здравоохранения объем данных и количество их источников могут быть ошеломляющими, особенно при наличии баз данных, которые не взаимодействуют друг с другом. А чтобы действительно добиться положительных результатов для пациентов, необходимо иметь полное представление о пациенте – от его подробной истории болезни до социальных детерминант и многого другого.

В то время как компании, работающие с данными в сфере здравоохранения, разрабатывают дополнительные комплексные аналитические технологии, персонализированные медицинские организации переходят от обычной аналитики к области прогнозирования состояния здоровья. Вместо того, чтобы просто представлять конечному пользователю информацию о предыдущих событиях, прогнозная аналитика приближает вероятность вывода, основанного на исторических данных – огромный шаг вперед для многих персонализированных организаций здравоохранения. Это позволяет клиницистам, финансовым аналитикам и административному персоналу получать предупреждение о возможных обстоятельствах до того, как они произойдут, и принимать дальновидные решения об оптимизации работы.

Примеры больших данных в здравоохранении показывают, что организации общественного здравоохранения, CDC, NIH и все государственные, окружные и местные органы власти расширяют использование больших данных в здравоохранении. Эти организации нанимают специалистов по анализу данных в массовом порядке, поскольку они стремятся использовать и предоставлять данные, которые способствуют достижению стратегических целей в области общественного здравоохранения и повышения эффективности программ общественного здравоохранения. На 2020 год рынок медицинской аналитики составляет около 16,7 млрд долларов США. Ожидается, что к 2027 году мировой рынок медицинской аналитики достигнет 84 млрд долларов США.

Комплаенс и поведение пациентов являются важными факторами, влияющими на состояние здоровья. Социально-экономические факторы, такие как занятость и образование, генетический профиль и средовые факторы, так же важны для улучшения результатов, как и медицинские данные, собранные врачом пациента во время обследования. Системы общественного здравоохранения за счет использования предиктивного анализа расширяют свои

взгляды на эти «внешние» факторы. Примеры больших данных в медицинской аналитике показывают, что эти метрики моделируются для прогнозирования риска хронических заболеваний с положительными результатами. Примеры медицинских данных с использованием прогнозной аналитики широко используются крупными фармацевтическими компаниями в клинических испытаниях и при открытии новых молекул и соединений, которые можно использовать для производства новых лекарств.

Case: В 2015 году на Тайване, где смертность от рака ротовой полости составляет около 8000 в год, группа исследователей при помощи предиктивного анализа спрогнозировала 5-летнюю выживаемость среди пациентов с раком полости рта. Точность анализа составила 95,7%, значительно превосходя прогнозы, основанные на стандартной логистической регрессии. Подобный результат позволил провести кадровую оптимизацию и пересмотреть необходимость скрининговых процедур в онкологии (7).



# Методы оптимизации системы здравоохранения.

Менеджмент в здравоохранении предполагает управление финансовыми, трудовыми и материальными ресурсами здравоохранения. Основной целью менеджмента здравоохранения является снижение потерь общества от заболеваемости, инвалидности и смертности.

Основные проблемы, возникающие в процессе управления:

- проблемы качества и доступности медицинских услуг
- проблема недофинансирования
- низкий уровень доверия граждан к системе здравоохранения
- дефицит высококвалифицированных медицинских кадров
- низкая управленческая квалификация руководителей организаций здравоохранения

Case: В 2019 году в результате экспериментального внедрения предиктивной аналитики в государственных клиниках Бангладеша было продемонстрировано 97% точность выявления заболеваний с использованием методов машинного обучения при снижении государственных и личных расходов в среднем на 90%, по сравнению с учреждениями, где не была внедрена система предиктивного анализа [8].

По современным данным рациональная работа системы менеджмента в здравоохранении основывается на использовании данных, современных метода анализа больших данных с использованием ИИ и прогнозным моделированием. Такой подход позволяет персонифицировать медицинскую услугу, повысив при этом качество оказания медицинской помощи за счет учета особенностей пациентов. Использование предиктивного анализа позволяет снижать затраты на каждого отдельного пациента за счет использования рациональной персонифицированной диагностики, оптимизации кадровых ресурсов, прогнозирования более эффективного метода лечения на основе динамики терапии и индивидуальных показателей, учитываемых при анализе данных.



*Рисунок 1 Пример факторов, оцениваемых при моделировании во время скрининга*

Применение технологий больших данных для анализа все более сложных массивов медицинских данных открывает новые возможности в области здравоохранения. Основные задачи, стоящие перед аналитиками в медицине, определяются, главным образом, особенностями циркулирующих в современном здравоохранении и биомедицине данных. Эти данные зачастую являются непреодолимыми для обработки с помощью традиционного программного обеспечения не только из-за их объема, но и из-за разнообразия типов данных и скорости, с которой они должны анализироваться. Формирующийся из разнообразных по структуре, формату, достоверности источников массив медицинской информации, как полагают эксперты, на 78% представляет собой неструктурированный набор файлов, таблиц, рисунков, графиков, их описаний и зачастую противоречивых выводов и суждений. Самой актуальной проблемой при оперировании в среде больших данных стала разработка алгоритмов комплексного анализа и интерпретации данных в режиме реального времени. Перманентный сбор и анализ информации на уровне продвинутой прогнозной аналитики не только позволяет на ранней стадии замечать любые отклонения и аномалии в измерениях, но и выявлять скрытые закономерности.

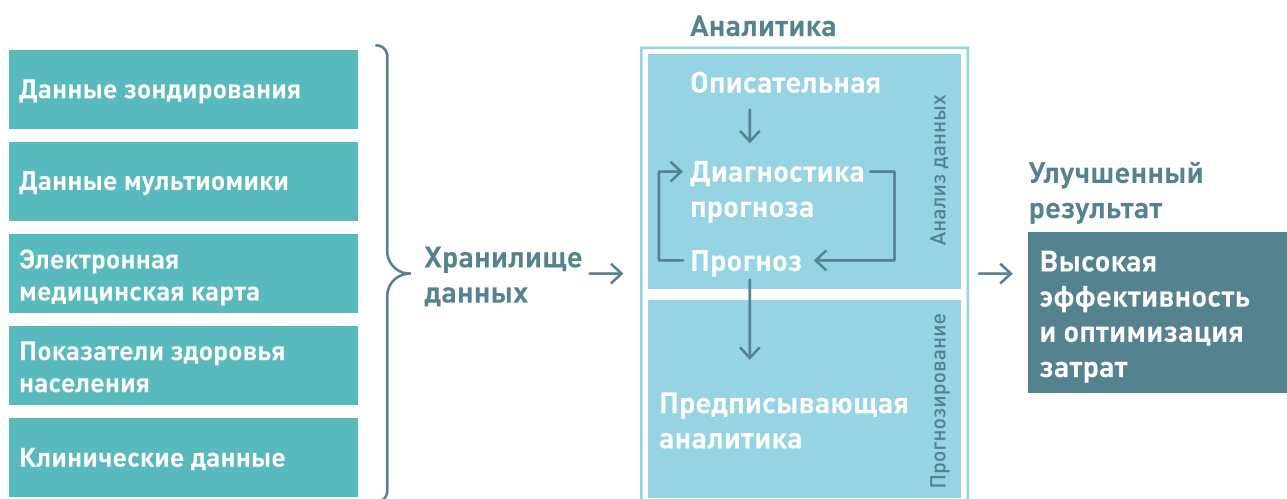


Рисунок 2 Процесс анализа больших данных в медицине

Любая аналитическая работа строится на использовании баз данных. Прогнозная аналитика не исключение, однако помимо использования больших данных, предиктивный подход позволяет выстраивать модели событий на основе используемых данных, таким образом предполагая наиболее возможные варианты событий. Рынок предиктивной аналитики по оценке на 2020 год составляет 6,3 млрд долларов США, а среднегодовой темп роста рынка составляет 27,7%. К 2027 предположительно достигнет 28,6 млрд долларов США. К двум ключевым подвидам прогнозной аналитики, напрямую влияющим на эффективность работы учреждения относятся клиническая и управленческая прогнозная аналитика.

Клиническая прогнозная аналитика использует алгоритмы машинного обучения, которые могут находить закономерности в данных МИС, объединять похожие процедуры для пациентов и определять клинические пути, которые приводят к наилучшим результатам для пациентов. На основе агрегирования данных врачи могут проанализировать планы лечения, предоставленные этим пациентам, для определения наиболее подходящего варианта для пациента.

Case: В 2013 году модель предиктивный анализа, основанная на изучении 13 факторов риска развития сердечно-сосудистых исходов, идентифицировала пациентов с сердечно-сосудистыми патологиями с точностью 93,02%. Поскольку ожидаемая точность диагностики сердечно-сосудистых заболеваний без применения предиктивного анализа составляет 87%, использование предиктивного анализа позволяет повысить качество диагностики, особенно на этапе продромального периода, т. е. до клинической симптоматики [9].

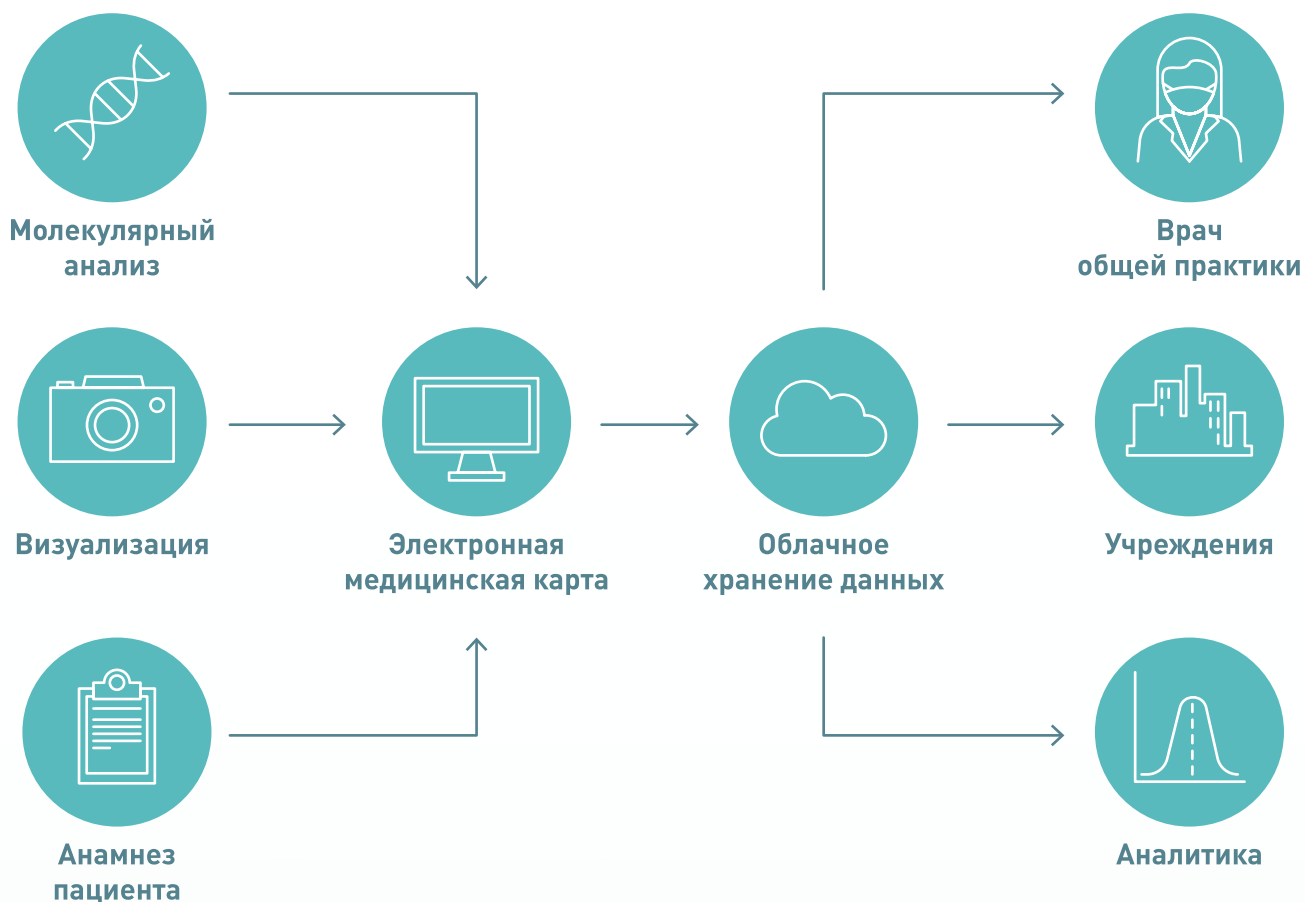


Рисунок 3 Этапирование предиктивной аналитики

Управленческая прогнозная аналитика использует ИИ для прогнозирования пиковых максимумов и минимумов, а также для выявления слабых мест рабочего процесса, выстраивая эффективный график, который позволит избежать чрезмерной рабочей нагрузки и ненужных простоев. Глядя на сезонность, общие закономерности и пропускную способность медицинского учреждения, прогнозная аналитика может способствовать сотрудникам оценить, сколько мест для приемов нужно забронировать в данный день и сколько оставить открытым для экстренных обращений.

Case: При использовании прогнозной аналитики группа австрийских исследователей предсказала 72-часовую посещаемость пациентов в отделениях неотложной помощи с точностью 95,4%. Предиктивный анализ был проведен на основе данных 328 733 медицинских карт, при этом учитывалось более 100 факторов, включая демографические данные, диагноз, остроту зрения пациента, основные жалобы, лабораторные показатели, обобщенные показатели жизненно важных функций организма. Подобный опыт демонстрирует, что с точностью в более чем 95% учреждения могут планировать как минимум трехдневный период загруженности отделений, основываясь на предиктивном анализе.

# Список компаний, лидирующих в системе предиктивной аналитики в сфере менеджмента здравоохранения

**Health Catalyst** – ведущий поставщик технологий и услуг в области данных и аналитики для организаций здравоохранения. Продукты компании помогают клиницистам и техническим специалистам в более чем 250 больницах и более чем 3000 клиниках США, которые ежегодно обслуживают около 70 миллионов пациентов. Решение Health Catalyst позволяет клиентам управлять своими данными, получать аналитические данные для работы своей организации и производить поддающиеся измерению клинические, финансовые и операционные улучшения.

**HealthReveal** – Решение на основе ИИ для врачей и пациентов, помогающее диагностировать и лечить хронические заболевания, адаптированное к уникальным обстоятельствам каждого пациента. HealthReveal собирает данные каждого пациента на основе их электронных медицинских карт и требований страховщиков, которые постоянно дополняются данными о состоянии здоровья, полученными пациентами с удаленных мониторов и носимых устройств. При этом создается электронная копия пациента, с помощью которой проходит оценка, на основе которой ИИ выдает диагностические и терапевтические вмешательства, адаптированные к уникальным обстоятельствам каждого пациента.

**KenSci** – платформа с ИИ для цифровых решений в области здравоохранения. KenSci автоматизирует сложные проблемы, связанные с интеграцией и подготовкой данных для ИИ. Платформа KenSci AI позволяет группам медицинских аналитиков сосредоточиться на обеспечении рентабельности инвестиций на основе бизнес-анализа и ИИ для получения ценной информации. Платформа ИИ для цифрового здравоохранения KenSci включает в себя функции и возможности, которые позволяют медицинским организациям использовать новейшие технологии описательной и предиктивной аналитики для улучшения своего производственного, клинического опыта и результатов лечения.

**Webiomed** – отечественная система прогнозной аналитики и управления рисками в здравоохранении на основе машинного обучения. Использует МИС для оценки факторов риска и моделирования вероятности исходов, формируя в итоге индивидуальные рекомендации по каждому отдельному случаю.

# Заключение

Кейсы взгляд на то, как пред аналитика может быть полезна врачу, страховым компаниям.

На сегодняшний день прогнозная аналитика предлагает преимущества для большинства уровней здравоохранения, начиная от персонализации предоставления услуг пациентам и оптимизации диагностических и терапевтических процедур, заканчивая целостной поддержкой здоровья и менеджмента в здравоохранении. Так, например, интегрируя записи о пациентах в МИС и сопоставляя их с другими данными, медицинские организации могут предупреждать о высоких показателях риска развития той или иной патологии. При этом развивающиеся модели, ориентированные на пациента, фокусируются на человеке в целом, а не на результатах исследований по отдельности, поэтому в случае, когда у пациента, при оказании ему первичной медико-санитарной помощи интегрированные в МИС клинико-лабораторные показатели, демонстрируют отклонения, предиктивный анализ позволяет провести адекватную маршрутизацию и уведомить лечащего врача о необходимости направить пациента в профильное учреждение еще до повторного посещения ЛПУ пациентом. К тому же подобная система значительно экономит бюджет, поскольку все данные, включая проведенные исследования, автоматически перенаправляются с пациентом, исключая необходимость повторного проведения некоторых исследований и, как следствие, снижая затраты лечебных учреждений на пациента.

Одним из важных преимуществ предиктивной аналитики является то, что инструменты прогнозирования позволяют собирать и интегрировать данные об образе жизни, симптомах и лечении для составления целостных планов лечения, доступных повсеместно. Инструменты прогнозирования позволяют создавать действительно персонализированные планы лечения, адаптированные к таким уникальным параметрам пациента, как переносимость лекарственных средств, сопутствующие заболевания, индивидуальные особенности организма и др.

Инструменты прогнозирования также могут применяться к внутренним процессам здравоохранения, таким как предоставление оборудования или потребности в персонале, способствуя снижению общих затрат. Использование передовых технологий машинного обучения и ИИ в предиктивном анализе на сегодняшний день позволяет оптимизировать нагрузку на врачей в зависимости от специализации отделения, времени года, погодных условий, праздничных и выходных дней. Так, например, при использовании

управленческого предиктивного анализа в травматологическом отделении могут предложить учреждению увеличение дежурных мест в праздничные дни или во время гололеда в зимний период.

По мере расширения значимости проблемы здравоохранения, определенной во время пандемии, влияние прогнозной аналитики в здравоохранении продолжает расти в геометрической прогрессии. В то время как присутствуют определенные сложности для быстрого внедрения предиктивной аналитики, преимущества улучшенных результатов, оптимизация затрат и снижение риска для пациентов делают процессы прогнозирования приоритетными в области здравоохранения.

# Ссылки на литературные ИСТОЧНИКИ

1. World Population Clock: 7.9 Billion People (2021) - Worldometer [Internet]. [cited 2021 Jun 2]. Available from: <https://www.worldometers.info/world-population/>
2. Перспективы мирового народонаселения - Отдел народонаселения - Организация Объединенных Наций [Internet]. [cited 2021 Jun 2]. Available from: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>
3. По данным ВОЗ, в настоящее время почти в половине всех случаев смерти регистрируются причины смерти [Internet]. [cited 2021 Jun 2]. Available from: <https://www.who.int/ru/news/item/17-05-2017-almost-half-of-all-deaths-now-have-a-recorded-cause-who-data-show>
4. online FBFLFTJP has 30+ years of experience writing for, print, radio, Media T, programs including PH expertise includes government, policy, et al. Why Do Healthcare Costs Keep Rising? [Internet]. Investopedia. [cited 2021 Jun 2]. Available from: <https://www.investopedia.com/insurance/why-do-healthcare-costs-keep-rising/>
5. WHO | Global Spending on Health: A World in Transition [Internet]. WHO. World Health Organization; [cited 2021 Jun 2]. Available from: [http://www.who.int/health\\_financing/documents/health-expenditure-report-2019/en/](http://www.who.int/health_financing/documents/health-expenditure-report-2019/en/)
6. Haseltine WA. Nearly 300,000 Healthcare Workers Have Been Infected With Covid-19 Worldwide, Threatening Health Systems [Internet]. Forbes. [cited 2021 Jun 2]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/williamhaseltine/2020/11/17/the-infection-of-hundreds-of-thousands-of-healthcare-workers-worldwide-poses-a-threat-to-national-health-systems/>
7. Tseng W-T, Chiang W-F, Liu S-Y, Roan J, Lin C-N. The Application of Data Mining Techniques to Oral Cancer Prognosis. J Med Syst. 2015 Mar 22;39(5):59.
8. Islam M, Liu D, Wang K, Zhou P, Yu L, Wu D. A Case Study of HealthCare Platform using Big Data Analytics and Machine Learning. In 2019. p. 139–46.
9. Mathias JS, Agrawal A, Feinglass J, Cooper AJ, Baker DW, Choudhary A. Development of a 5 year life expectancy index in older adults using predictive mining of electronic health record data. Journal of the American Medical Informatics Association. 2013 Jun 1;20(e1):e118–24.



10. Alharthi H. Healthcare predictive analytics: An overview with a focus on Saudi Arabia //Journal of infection and public health. – 2018. – T. 11. – №. 6. – C. 749-756.
11. Boukenze B., Mousannif H., Haqiq A. Predictive analytics in healthcare system using data mining techniques //Comput Sci Inf Technol. – 2016. – T. 1. – C. 1-9.
12. Cohen I. G. et al. The legal and ethical concerns that arise from using complex predictive analytics in health care //Health affairs. – 2014. – T. 33. – №. 7. – C. 1139-1147.
13. Dhar V. Big data and predictive analytics in health care. – 2014.
14. Higdon R. et al. Predictive analytics in healthcare: Medications as a predictor of medical complexity //Big Data. – 2013. – T. 1. – №. 4. – C. 237-244.
15. Kankanhalli A. et al. Big data and analytics in healthcare: introduction to the special section //Information Systems Frontiers. – 2016. – T. 18. – №. 2. – C. 233-235.
16. Kumar S., Singh M. Big data analytics for healthcare industry: impact, applications, and tools //Big Data Mining and Analytics. – 2018. – T. 2. – №. 1. – C. 48-57.
17. Muniasamy A. et al. Deep learning for predictive analytics in healthcare // International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications. – Springer, Cham, 2019. – C. 32-42.
18. Pramanik M. I. et al. Healthcare informatics and analytics in big data //Expert Systems with Applications. – 2020. – T. 152. – C. 113388.
19. Strang K. D., Sun Z. Hidden big data analytics issues in the healthcare industry //Health informatics journal. – 2020. – T. 26. – №. 2. – C. 981-998.

