

Модель риска немецкого приложения для предупреждения Короны – перезагрузка

Йенс Брабанд¹, Хендрик Шебе^{2*}

¹Брауншвейгский Технический Университет, Брауншвейг, Германия, ²TÜV Rheinland, Кельн, Германия

*schaebe@de.tuv.com



Йенс Брабанд



Хендрик Шебе

Резюме. Цель. В этой статье мы обсуждаем модель риска немецкого приложения Corona Warning App в двух версиях. Обе модели основаны на таком общем полуколичественном подходе анализа рисков, который уже не является современным, а для некоторых областей применения даже не рекомендуется. Основная проблема заключается в том, что оценки параметров часто представляют собой только порядковые шкалы или ранговые числа, для которых такие операции, как умножение или деление, не являются четко определенными. Как следствие, результаты могут привести к недооценке или переоценке соответствующего риска. **Методы.** Анализируются модели риска, реализованные в двух версиях данного приложения. Проводится сравнение номенклатуры параметров моделей, их влияния на результат, подходов к формированию комбинированной оценки риска. Анализируется эффективность моделей. **Результаты.** Показано, что большинство параметров в модели используется только в качестве бинарных индикаторных переменных. Выяснилось, что Corona Warning App использует гораздо более ограниченную модель, которая даже не оценивает риск, а полагается только на один параметр – взвешенное время экспозиции. Показано, что приложение сильно недооценивает даже этот параметр и поэтому может ошибочно успокаивать пользователей. Таким образом, можно сделать вывод, что базовая модель риска, реализованная до версии 1.7.1, является скорее дозиметрической моделью, зависящей от расчетной концентрации вируса и не зависящей от экспозиции и других параметров (за исключением некоторых пороговых значений). Это даже не модель риска в соответствии с определением многих стандартов. Изменения модели риска в более поздней версии не являются фундаментальными. В частности, более поздняя модель также оценивает не индивидуальный риск, а индивидуальное воздействие, как показывают единицы измерения результата. Кроме того, модель сильно недооценивает продолжительность воздействия. Хотя сообщается, что около 60% пользователей приложения поделились положительными результатами тестов, абсолютное число опубликованных результатов составляет менее 10% от всех положительных результатов тестов. Поэтому с индивидуальной точки зрения приложение эффективно только в 10% случаев, а то и меньше. **Заключение.** Поскольку Corona Warning App имеет и другие систематические ограничения и недостатки, рекомендуется не полагаться на ее результаты, а проводить тестирование COVID или вакцинацию. Кроме того, если в ближайшем будущем появится достаточное количество тестов вируса, приложение даже устареет. Скорее будет полезной разработка приложения, которое может оценивать риски априори, как своего рода поддержка принятия решений для своих пользователей на основе их индивидуального профиля риска.

Ключевые слова: приложение для предупреждения Короны, модель риска, анализ модели

Для цитирования: Брабанд Й., Шебе Х. Модель риска немецкого приложения для предупреждения Короны – перезагрузка // Надежность. 2021. №3. С. 47-53. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2021-21-3-47-53>

Поступила 24.05.2021 г. / После доработки 25.07.2021 г. / К печати 17.09.2021 г.

Введение

В Германии было введено приложение для борьбы с пандемией COVID: Corona Warning App (CWA). CWA рассчитывает риск заражения людей в результате контактов. В предыдущей работе мы проанализировали принцип работы CWA, а также его модель риска [12]. Недавно, после некоторой критики, модель была изменена (начиная с версии 1.9 и выше). В данной работе мы изучаем изменения в модели риска и ее значимость в качестве индикатора индивидуального риска. Несмотря на то, что данное обсуждение касается только немецкого приложения, так называемый механизм уведомления об опасности (Exposure Notification Framework, ENF), на который опирается CWA, был введен компаниями Apple и Google в качестве части стандартного интерфейса, поэтому можно ожидать, что результаты могут быть обобщены [14].

Здесь мы представим, как работает CWA, затем кратко опишем прежнюю модель риска, опишем изменения. Наконец, мы сравним модели риска и оценим эффект от изменений.

Как работает приложение

Сначала дается упрощенный обзор для понимания модели риска. Более подробная информация приведена в [1, 2]. Гораздо более широкий взгляд на приложения для отслеживания контактов был опубликован недавно [14].

После того как пользователь установил приложение CWA, каждый день создается новый анонимный идентификатор. Примерно каждые пять минут окружающая среда сканируется на наличие сигналов Bluetooth, излучаемых другими мобильными телефонами. Такие данные, как ID, затухание сигнала, продолжительность и т.д. собираются и агрегируются за каждый день.

Если пользователь получает положительный результат теста и соглашается его опубликовать, то связанные с ним анонимные идентификаторы за предыдущие 14 дней передаются на центральный сервер, откуда передаются всем абонентам и сверяются с записанными данными в локальном приложении. Фактическая оценка риска осуществляется децентрализованно каждым приложением CWA.

Базовая модель риска

Базовая модель до версии 1.7.1 определяется четырьмя параметрами [2], которые на первом этапе оцениваются по полуколичественной шкале с баллами от 0 до 8 за каждый день для каждого ID, сообщившего о положительном результате теста (рис. 1):

- дни с момента заражения (DE) – это время с момента контакта с инфицированным человеком, значение от 0 до 14; продолжительность более 14 дней не учитывается;
- продолжительность воздействия (ED) – это суммарное время воздействия в течение дня, величина принимает значения от 0 до 8;

- затухание сигнала Bluetooth (SA) – используется в качестве меры расстояния до зараженного человека, величина принимает значения от 0 до 8;

- риск передачи (TR) оценка уровня инфицированности человека в этот день, величина принимает значения от 0 до 8.

Затем оценивается общий балл риска (TRS) путем перемножения величин DE, ED, SA и TR. Теоретически баллы от 0 до 7168 возможны. ENF – это стандартный интерфейс для CWA, введенный Apple и Google, но параметры могут быть выбраны каждой реализацией, и поэтому они отличаются от страны к стране и от версии к версии приложения.

ENF напоминает подход, известный как приоритетное число риска (Risk Priority Numbers, RPN), и страдает от тех же ограничений и недостатков, которые известны уже около двух десятилетий [5, 6]. Для некоторых областей применения использование RPN даже не рекомендуется [7]. В целом такой подход больше не считается соответствующим уровню техники и должен использоваться только с большой осторожностью.

Основная проблема заключается в том, что оценки параметров часто представляют собой только порядковые шкалы или ранговые числа, для которых такие операции, как умножение или деление, не являются четко определенными. Как следствие, результаты могут привести к недооценке или переоценке соответствующего риска [8].

Однако в практической реализации CWA модель упрощается, а диапазоны совпадений ограничены [3]:

дни с момента контакта (DE) устанавливаются равными 5 для значений менее 14 дней и 0 для значений выше, что приводит к $\delta_{DE} = 5 \cdot I(DE \leq 14)$;

продолжительность экспозиции (ED) устанавливается равной 0 для всех значений до 10 минут, и 1 для значений выше, что дает $\delta_{ED} = I(ED > 10)$;

затухание сигнала (SA) устанавливается на 0 для значений выше 73 дБ и на 2 для всех значений ниже, т.е. $\delta_{SA} = 2 \cdot I(SA \leq 73 \text{ дБ})$;

риск передачи (TR) устанавливается на (6, 8, 8, 8, 8, 5, 3, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) [4], в зависимости от DE, например, TR равен 6, если DE=1, 8, если DE=2 и т.д., и 0, если DE=14 или выше.

Здесь $I(x)$ обозначает индикаторную функцию, которая принимает значение 1, если выражение в скобках истинно, и ноль в противном случае.

Таким образом, большинство параметров используется только в качестве бинарных индикаторных переменных, и в текущей конфигурации суммарная оценка риска для конкретного дня и конкретного ID дается следующим образом

$$TRS = 10 \cdot \delta_{ED} \cdot \delta_{SA} \cdot \delta_{DE} \cdot TR. \quad (1)$$

Так, в реализации [3] до версии 1.7.1 существует только шесть возможных оценок: 0, 10, 30, 50, 60, 80. Но также определена минимальная оценка риска

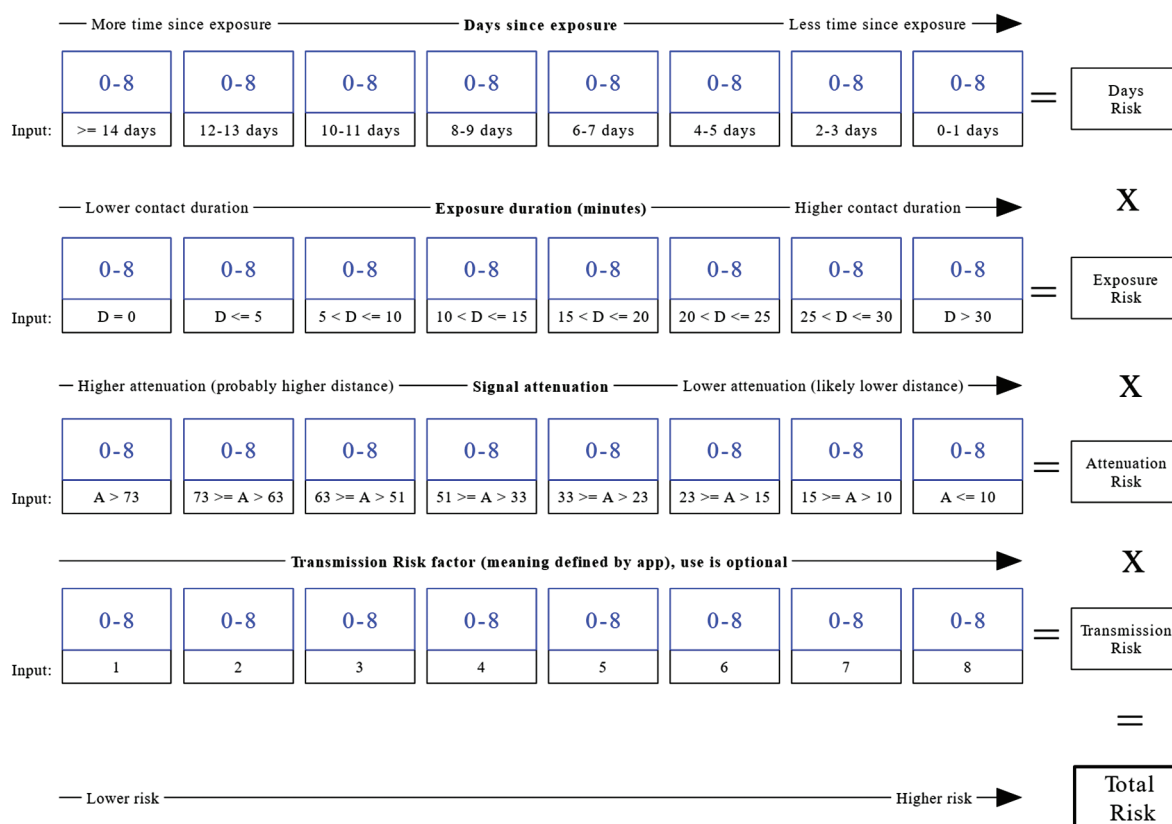


Рис. 1. Базовая модель риска [2]

(MRS), равная 11, и все риски ниже этой отметки отбрасываются. Однако параметризация CWA может быть изменена.

Таким образом, можно сделать вывод, что базовая модель риска, реализованная до версии 1.7.1, является скорее дозиметрической моделью, зависящей от расчетной концентрации вируса и не зависящей от экспозиции и других параметров (за исключением некоторых пороговых значений). Это даже не модель риска в соот-

ветствии с определением многих стандартов. Более того, модель риска была сильно дискретизирована.

Пример:

Алиса получает положительный результат теста 20 числа месяца, о чем немедленно сообщает.

Боб часто ездит на одном автобусе с Алисой. Поездка занимает 10 минут, и он встречал ее 16-го (две поездки) и 9-го (одна поездка) числа. Они сели вместе на расстоянии около 1 м.

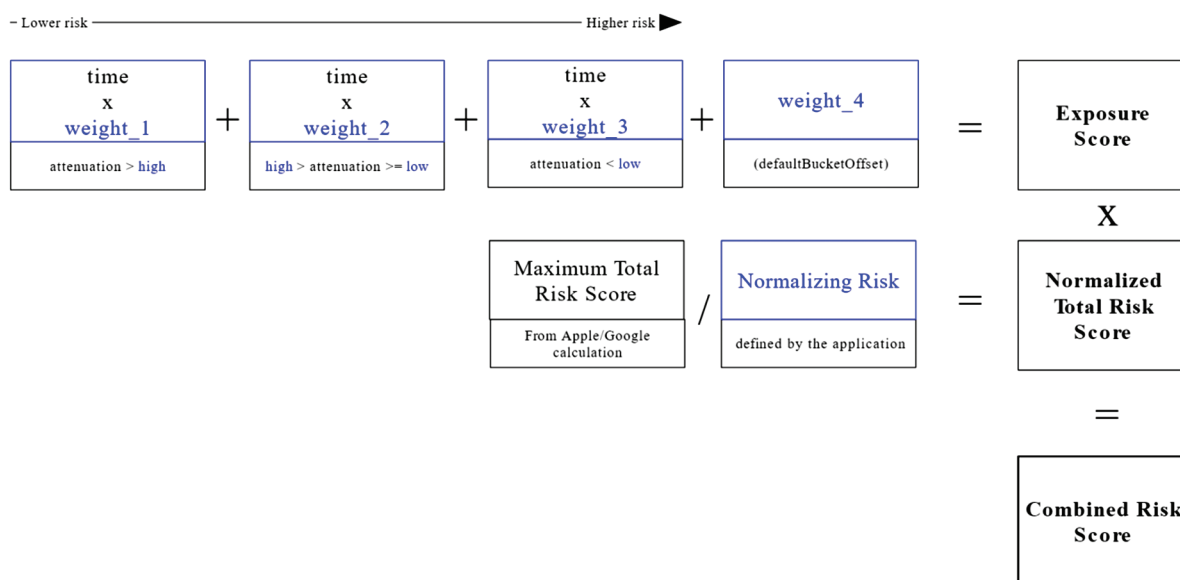


Рис. 2. Расчет комбинированного риска [2]

Для 16-го числа $DE = 4$, поэтому $TR = 8$. Оба SA и ED выше порога и установлены на 2 и 1, соответственно, поэтому $TRS = 80$.

Для 9-го числа $DE = 11$ и поэтому $TR = 1$. Однако ED ниже порога и установлен на 0. Поэтому $TRS = 0$. В противном случае TRS был бы равен 5, что ниже MRS, и был бы отброшен в любом случае.

Модель комбинированного риска

На втором этапе каждое приложение CWA объединяет баллы для различных встреч, рассчитанные по базовой модели риска. Пусть R_1, R_2, \dots, R_n обозначают индивидуальные значения TRS для разных дней и разных идентификаторов, которые выше MRS.

На первом этапе определяется максимальное значение R_{max} из различных TRS. Затем значения ED всех n встреч суммируются в три различных класса: близкий, средний и дальний. Пусть эти длительности будут t_1, t_2 и t_3 . Для каждого из классов определяется вес и дополнительно смещение веса, которые обозначаются w_1, w_2, w_3 и w_4 соответственно. Обратите внимание, что на практике веса для близких и средних классов перевешивают остальные. Также определяется средний балл риска (ARS), который в настоящее время составляет 50 [3]. Затем рассчитывается общий комбинированный риск (TCR) (рис. 2):

$$TCR = (t_1 w_1 + t_2 w_2 + t_3 w_3 + w_4) \frac{R_{max}}{ARS}. \quad (2)$$

Удивительно, но TCR на самом деле является не риском, а экспозицией, поскольку результат исчисляется минутами. Первый член (в скобках) – это взвешенное время экспозиции, которое корректируется относительным фактором (безразмерным), зависящим от максимальной концентрации вируса по сравнению с некоторым средним значением.

Таким образом, в целом, без полной математической точности, мы можем охарактеризовать подход, используемый до версии 1.7.1 [3] немецким предупреждающим приложением CWA, как

$$TCR = (t_1 w_1 + t_2 w_2 + t_3 w_3 + w_4) \cdot \frac{\max\{10 \cdot \delta_{ED} \cdot \delta_{DE} \delta_{SA} \cdot TR\}}{ARS} \approx (t_1 + t_2 / 2) \frac{10 \max\{TR\}}{ARS}. \quad (3)$$

По сути, это не риск в узком смысле, а взвешенная продолжительность воздействия. Единицы измерения TP – не ожидаемый ущерб за время или что-то подобное, а просто минуты воздействия. А применяемый вес – это просто мера относительной заразности, выражающая значение TP относительно нормирующего фактора 5, который принимается за среднюю заразность. И влияние этого фактора ограничено, максимально возможное значение – 1,6.

А если дополнительно учесть неопределенность и разброс всех входных параметров, например, шум в

ослаблении сигнала, неопределенность в длительности экспозиции и инфекционности [4], или произвольность выбранных весов, то модель сводится к довольно простой формуле и процедуре принятия решения:

$$TCR \approx \frac{\max TR}{5} \sum ED, \quad (4)$$

– оцените минуты, в течение которых человек находился в тесном контакте с инфицированными людьми ($\sum ED$);

– взвесьте экспозицию ED по инфицированности наиболее инфицированного человека (максимум TR/5);

– примите меры, если результат ВЫСОКИЙ.

Пример (продолжение):

• кроме того, Чарли получил положительный результат теста 20 числа, но сообщил о нем только 21 числа. Но он установил приложение только неделю назад;

• он ехал в том же автобусе в те же дни, но с несколько большим расстоянием до Боба (2 м);

• для 16-го числа $DE = 5$ (оценивается 21-го числа), поэтому $TR = 5$. SA и ED выше порога и установлены на 2 и 1 соответственно, поэтому $TRS = 50$;

• для 9-го числа Чарли еще не установил приложение, поэтому данных нет;

• поскольку Алиса сидела близко к Бобу, а Чарли – на среднем расстоянии, $t_1 = t_2 = 20$ минут. В настоящее время веса установлены [3] как $w_1 = 1, w_2 = 0,5, w_3 = w_4 = 0$, и поэтому взвешенная сумма дает время 30 минут;

• таким образом, TCR составляет $30 \times 80 / 50$, что дает 48 минут;

• предупреждения приложения выдаются на основе TCR, они настроены [3] как НИЗКИЙ для значений до 15 и ВЫСОКИЙ, для значений выше 15. Таким образом, в итоге Боб получит предупреждение о высоком риске.

Обратите внимание, что TCR практически не зависит от расстояния, измеряемого по затуханию сигнала Bluetooth. Определен лишь нечеткий порог, а продолжительность воздействия взвешивается по двум классам расстояния. Однако известно, см. например, FAQ от RKI [9], что передача инфекции происходит в основном через аэрозоли, и риск увеличивается при уменьшении расстояния воздействия. Известно, что тесный контакт с инфицированными лицами также является фактором сверхраспространения. Важность расстояния подтверждается и тем, что оно является основным фактором в немецких правилах защиты от коронарной болезни АНА, где первая буква обозначает Abstand (расстояние).

Новая версия модели риска

Начиная с версии 1.9 модель риска была несколько раз изменена [10] с основным намерением улучшить гранулярность оценки риска, а также накопление риска, т.е. несколько встреч с низким риском в прежней модели могут представлять высокий риск в новой модели. В качестве оговорки следует отметить, что некоторые параметры, похоже, адаптировались несколько раз, и

даже в репозитории GitHub [11] параметры в документации не совпадают. Информация, представленная здесь, относится к концу марта 2021 года, и в сомнительных случаях авторы использовали параметры непосредственно из конфигурационных файлов репозитория, а не из документации.

В качестве основного средства достижения этой цели введены 30-минутные окна оценки, и контакт засчитывается только в том случае, если в течение этого окна

1) затухание сигнала (SA) ниже порогового значения 73 дБ в течение по крайней мере 5 минут (ED), и

2) уровень риска передачи (TR) должен быть не менее 3 (сравните с рис. 1)

Если эти критерии не выполняются, то контакт отбрасывается. По сравнению с формулой (1) это не кажется большим изменением, за исключением второго условия, которого раньше не было.

Близкие столкновения с SA ниже 55 дБ будут засчитаны полностью, в то время как все остальные столкновения будут уменьшены на 50%. Обратите внимание, что это не совпадает с интерфейсом, определенным на рис. 1, но используемые веса те же, что и раньше, сравните с формулой (2).

Для уровня TP вводится новый весовой коэффициент в диапазоне от 0,6 до 1,6 (рис. 3). Это кажется сокращением по сравнению с расчетами по формуле (2). Большинство факторов те же, что и раньше, например, для TR = 8, 6, 5, 3, но некоторые были отброшены или слегка изменены.

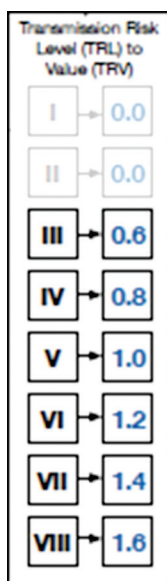


Рис. 3. Прямое отображение TRL на масштабный коэффициент [11].

Наконец, измеренное время встречи (более 5 минут в течение 30-минутного окна) взвешивается по их близости, умножается на вес уровня TP (из рис. 3) и суммируется для конкретного дня. Если сумма меньше 15 минут, но больше 5 минут (некоторые источники предлагают 13 минут [11]), то общий риск является

НИЗКИМ или ЗЕЛЕНЫМ, в противном случае – ВЫСОКИМ или КРАСНЫМ. Этот показатель оценивается за день, и приложение отображает количество дней с низким или высоким риском вместо количества встреч с низким или высоким риском (согласно версии 1.7.1).

Принимая все это во внимание, кажется, что общая полуколичественная структура ENF, определенная на рис. 1, больше не применяется. Вместо этого для каждой встречи i конкретного дня оценивается балл риска передачи, аналогичный (1) (с некоторыми изменениями в функциях индикаторов):

$$TRS_i = \delta_{ED} \cdot \delta_{SA} \cdot ED \cdot TR, \quad (5)$$

где ED уже понимается как взвешенное время встречи, аналогично (2)

$$ED = t_1 w_1 + t_2 w_2 + t_3 w_3 + w_4. \quad (6)$$

Наконец, риск объединяется по дням путем простого суммирования

$$TCR = \sum_{per\ day} TRS_i. \quad (7)$$

Пример (новая версия модели):

- для встречи с Алисой 16-го числа DE = 4 и поэтому первоначально TR = 8, который по рис. 3 затем перекодируется в TR = 1,6. Оба показателя SA и ED выше порога, вес равен 1, и оба времени считаются полными, соответственно, поэтому обе встречи оцениваются TRS = 16 минут, по отдельности. Суммируя их, Бобу выводится предупреждение красного цвета о высоком риске в этот день;

- для 9-го числа DE = 11 и поэтому TR = 1, который перекодируется в TR = 0. Таким образом, для этого риска TRS = 0, даже если другие пороговые значения выполнены. В противном случае при самом низком TR = 0,6 TRS был бы равен 6, что было бы, по крайней мере, предупреждением зеленого цвета с НИЗКИМ риском для этого дня;

- обратите внимание, что предупреждение красного цвета не зависит от встречи с Чарли 16 числа. В этот день параметры Чарли были DE = 5, а TR = 5 перекодирован в TR=1. Поскольку расстояние было больше, ED уменьшается вдвое до 5, поэтому обе встречи оцениваются TRS = 5, что в сумме составляет 10 баллов за день, что в отдельности привело бы к предупреждению зеленого цвета, а в сочетании с оценками Элис дало бы 26 баллов.

Если учесть, что некоторые масштабные коэффициенты были опущены по сравнению с предыдущим подходом, например, для DE и SA, то результаты в примере вполне сопоставимы. Наиболее очевидные различия заключаются в том, что

- термин, связанный с $\max\{TR\}$ в формулах (3) и (4), был упрощен и заменен фиксированным коэффициентом, основанным на TR, как показано на рис. 3, и

- что риски накапливаются и сообщаются за день, а не объединяются для всех встреч, как в формуле (4).

Обсуждение

Изменения в модели риска не являются фундаментальными, поэтому общая критика из [12] остается в силе. В частности, CWA оценивает не индивидуальный риск, а индивидуальное воздействие, как показывают уже единицы измерения результирующего TCR, которое является минимальным [min], а не ожидаемым вредом, или ожидаемой тяжестью последствий, или аналогичными выражениями риска.

Кроме того, CWA сильно недооценивает продолжительность воздействия по следующим причинам:

- к настоящему времени было загружено около 25 миллионов приложений CWA [13], но неизвестно, сколько из них являются активными. Если оптимистично предположить, что 30% населения будут иметь активное приложение, то менее 10% встреч могут быть зарегистрированы, так как обеим сторонам необходимо, чтобы приложение было активировано. Исследования показывают [14], что с 60% охвата населения системой CWA, она может стать эффективным инструментом;

- хотя сообщается, что около 60% пользователей приложения поделились положительными результатами тестов [13], абсолютное число около 250 000 опубликованных результатов составляет менее 10% от всех положительных результатов тестов (около 2 820 000);

- большое количество коротких контактов (менее 5 минут), которые могли бы быть близкими и заразными, не обнаруживаются и не регистрируются приложением по причинам экономии энергии приложение сканирует окружающую среду только примерно каждые 5 минут.

Это верно и с точки зрения отдельного пользователя: пользователь с активной CWA встречает других пользователей с активной CWA менее чем в 30% случаев, многие короткие встречи, например, в супермаркете или на работе, будут отброшены, и только в 60% возможных случаев другие зараженные пользователи сообщат о своих положительных результатах. Таким образом, с индивидуальной точки зрения CWA эффективен только в 10% случаев, а то и меньше.

Хорошее, плохое и уродливое – или резюме

Модель риска немецкого приложения CWA имеет несколько интересных, несколько загадочных, а также тревожных свойств:

1) она увеличила число пользователей и совместима с приложениями из некоторых соседних стран, но ее охват все еще довольно ограничен;

2) основное преимущество заключается в том, что CWA автоматически регистрирует контакты, которые в противном случае, возможно, не были бы замечены пользователем. Но из-за конфиденциальности данных пользователь не может извлечь уроки из предупреждения, так как не сообщается, когда и как долго длилось

воздействие. Поэтому CWA также не может поддерживать отслеживание контактов;

3) кроме того, количество зарегистрированных положительных тестов составляет лишь небольшой процент от всех положительных тестов;

4) в узком определении многих стандартов, это не полная модель риска, так как она оценивает только отдельные параметры риска, но не комплексный риск, а скорее своего рода мера воздействия. Частичное объяснение может быть основано на децентрализованной архитектуре приложения и неполной и неточной информации, которую оно использует;

5) что еще хуже, она не охватывает многие ситуации с коротким воздействием, которые все же могут сопровождаться высокой дозой передачи вируса. Это может быть связано с давлением со стороны мобильной индустрии, направленным на экономию энергии;

6) кроме того, это не априорная оценка риска, чтобы решить, приемлемо ли то или иное действие, она оценивает риск только апостериори, когда его уже нельзя уменьшить;

7) и, наконец, самое главное, она недооценивает истинное время воздействия или дозу вируса в значительной степени, возможно, от 5 до 10 раз, поэтому она успокаивает своих пользователей, чтобы они чувствовали себя в безопасности, заявляя об отсутствии или низком риске, но в действительности воздействие может быть намного выше.

Подводя итог, авторы рекомендуют не полагаться на результаты CWA из-за многочисленных недостатков его подхода и модели риска, некоторые из которых носят систематический характер и не могут быть улучшены дальнейшими обновлениями. Всегда следует отдавать предпочтение тестам или, еще лучше, вакцинации. Кроме того, похоже, что в ближайшем будущем, когда появится достаточное количество тестов вируса Corona, CWA даже устареет. Скорее рекомендуется разработать приложение, которое может оценивать риски априори, как своего рода поддержка принятия решений для своих пользователей на основе их индивидуального профиля риска.

Библиографический список

1. RKI: So funktioniert die Corona-Warn-App im Detail. URL: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/WarnApp/Funktion_Detail.pdf (дата обращения: 06.10.2020).

2. Команда CWA: Corona-Warn-App Solution Architecture. URL: https://github.com/corona-warn-app/cwa-documentation/blob/master/solution_architecture.md (дата обращения: 06.10.2020).

3. CWA Team: Wie ermittelt die Corona-Warn-App ein erhöhtes Risiko? URL: <https://github.com/corona-warn-app/cwa-documentation/blob/master/translations/cwa-risk-assessment.de.md> (дата обращения: 06.10.2020).

4. CWA Team: Эпидемиологическая мотивация уровня риска передачи, 2020-06-15. URL: <https://github.com/corona-warn-app/cwa-documentation/blob/master/translations/cwa-risk-assessment.de.md>

com/corona-warn-app/cwa-documentation/blob/master/transmission_risk.pdf (дата обращения: 06.10.2020).

5. Bowles J. An Assessment of RPN Prioritization in a Failure Modes Effects and Criticality Analysis. // Proc. RAMS2003. Tampa, January 2003.

6. Braband J. Improving the Risk Priority Number Concept // Journal of System Safety. 2003. № 3. P. 21–23.

7. Durivage M. Is It Time To Say Goodbye To FMEA Risk Priority Number (RPN) Scores? // Pharmaceutical Online. URL: <https://www.pharmaceuticalonline.com/doc/is-it-time-to-say-goodbye-to-fmea-risk-priority-number-rpn-scores-00012020-04-27> (дата обращения: 06.10.2020).

8. Braband J. Beschränktes Risiko // Qualität und Zuverlässigkeit. 2008. № 53(2). P. 28–33.

9. Robert-Koch-Institut: SARS-Cov-2 Steckbrief. URL: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html (дата обращения: 06.10.2020).

10. SAP Deutschland: Risikoberechnung der Corona-Warn-App nach detaillierten Tests weiter angepasst, 23.02.2021. URL: <https://www.coronawarn.app/de/blog/2021-02-23-corona-warn-app-risk-calculation-optimization/> (дата обращения: 06.10.2020).

11. URL: <https://github.com/corona-warn-app> (дата обращения: 06.10.2020).

12. Braband J., Schäbe H. Analysis of the Risk Model of German Corona Warning App // Reliability: Theory & Applications. 2021. № 1(61). Vol. 16. P. 62-70.

13. Robert-Koch-Institut: Kennzahlen der Corona-

Warn-App, 17.02.2021. URL: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/WarnApp/Archiv_Kennzahlen/Kennzahlen_18022021.pdf?__blob=publicationFile (дата обращения: 30.03.2020).

14. Landau S. People Count – Contact Tracing Apps and Public Health. The MIT Press, 2021.

Сведения об авторах

Йенс Брабанд – доктор естествознания, главный эксперт по RAMSS в Siemens Mobility GmbH, профессор Брауншвейгского технического университета, Брауншвейг, Германия, e-mail: j.braband@tu-braunschweig.de

Шебе Хендрик – доктор физико-математических наук, заведующий отделом анализа рисков и опасностей, TÜV Rheinland InterTraffic, Кёльн, Германия, e-mail: schaebe@de.tuv.com

Вклад авторов в статью

Вклад авторов заключается в анализе систем ИИ как статистических моделей, а также подхода к оценке безопасности и рассмотрении примера. Анализ проведен **Брабандом Й.**, **Шебе Х.** оказал помощь при анализе и при рассмотрении о применении приложения.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.