

UNIFIED AI PLATFORM FOR SITUATIONAL MANAGEMENT OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN: ARCHITECTURE AND HETEROGENEOUS DATA FUSION

¹Moldazym N.M., ²Vdovin O.V., ³Grevtsov D.V.

¹Border Academy of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

²Military Engineering Institute of Radioelectronics and Communications, Almaty, Kazakhstan

³Military Engineering Institute of Radioelectronics and Communications, Almaty, Kazakhstan

Author information:

Moldazym Nurbek Mukhametkaliyuly, PhD, Senior Researcher, Department of Scientific Activity, Border Academy of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan.

Vdovin Oleg Vitalyevich, Master's degree in Infocommunication Technologies and Communication Systems, Military Engineering Institute of Radioelectronics and Communications, Almaty, Kazakhstan, e-mail: ipgleg@gmail.com.

Grevtsov Dmitry Vladimirovich, Master's degree in Pedagogical Education, Head of the Information Security Department, Military Engineering Institute of Radioelectronics and Communications, Almaty, Kazakhstan.

Abstract - The paper addresses the design of a unified situational management platform for the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan integrating data from unmanned aerial vehicles, fixed sensors, the 112 emergency call service, hydrological gauging stations and weather stations into a common operational picture at the command post. The principal limitation of the current management loop is shown to be not a shortage of data but its institutional fragmentation and the absence of mechanisms for automatic real-time consolidation. Foreign critical event management platforms are compared and the requirements for a domestic solution are substantiated. A five-layer architecture with an end-to-end information security contour is proposed; a unified event model and a JDL-based data fusion model are developed, including a spatio-temporal association metric and a confidence aggregation rule for multi-source confirmation. Non-functional requirements and a three-stage deployment model are formulated.

Keywords - situational management, emergency situations, heterogeneous data fusion, artificial intelligence, unmanned aerial vehicles, common operational picture, information systems architecture, civil protection.

КАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАР МИНИСТРЛІГІНІҢ ЖАҒДАЙЛЫҚ БАСҚАРУДЫҢ БІРЫҢҒАЙ АІ-ПЛАТФОРМАСЫ: АРХИТЕКТУРАСЫ ЖӘНЕ ГЕТЕРОГЕНДІ ДЕРЕКТЕРДІ БІРІКТІРУ

¹Молдазым Н.М., ²Вдовин О.В., ³Гревцов Д.В.

¹Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитетінің Шекара академиясы, Алматы қ., Қазақстан

²Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты, Алматы қ., Қазақстан

³Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты, Алматы қ., Қазақстан

Авторы туралы ақпарат:

Молдазым Нұрбек Мұхаметқалиұлы, PhD докторы, ғылыми қызмет басқармасының аға ғылыми қызметкері, Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитетінің Шекара академиясы, Алматы қ., Қазақстан.

Вдовин Олег Витальевич, инфокоммуникациялық технологиялар және байланыс жүйелері магистрі, Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты, Алматы қ., Қазақстан, e-mail: ipgleg@gmail.com.

Гревцов Дмитрий Владимирович, педагогикалық білім магистрі, ақпаратты қорғау кафедрасының бастығы, Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты, Алматы қ., Қазақстан.

Аннотация - Мақалада ұшқышсыз ұшу аппараттарының, стационарлық датчиктердің, 112 қызметінің, гидрологиялық бекеттер мен метеостанциялардың деректерін басқару пунктін бірыңғай жағдайлық картинасына біріктіретін Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің бірыңғай жағдайлық басқару платформасын құру мәселесі қарастырылады. Қолданыстағы басқару контурының шектеу факторы деректердің жетіспеушілігі емес,

олардың ведомстволарлық бөлектенгендігі және нақты уақыт режимінде автоматты түрде біріктіру тетіктерінің болмауы екені көрсетілген. Шетелдік дағдарысты оқиғаларды басқару платформаларына салыстырмалы талдау жүргізілді және отандық әзірлемеге қойылатын талаптар негізделді. Ақпараттық қауіпсіздіктің үздіксіз контурымен қамтылған бесдеңгейлі платформа архитектурасы ұсынылды, оқиғаның бірыңғай моделі және JDL деңгейлік схемасы бойынша гетерогенді деректерді біріктіру моделі әзірленді, оған хабарламаларды кеңістік-уақыт бойынша ассоциациялау метрикасы және бірнеше тәуелсіз көздер оқиғаны растаған кезде сенімділікті агрегаттау ережесі кіреді. Функционалдық емес талаптар мен аудандық пилоттық контурдан республикалық деңгейге дейінгі үш кезеңді енгізу моделі тұжырымдалды.

Кілт сөздер - жағдайлық басқару, төтенше жағдайлар, гетерогенді деректерді біріктіру, жасанды интеллект, ұшқышсыз ұшу аппараттары, бірыңғай жағдайлық картина, ақпараттық жүйелер архитектурасы, азаматтық қорғау.

ЕДИНАЯ АІ-ПЛАТФОРМА СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МЧС РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН: АРХИТЕКТУРА И СЛИЯНИЕ РАЗНОРОДНЫХ ДАННЫХ

¹Молдазым Н.М., ²Вдовин О.В., ³Гревцов Д.В.

¹Пограничная академия Комитета национальной безопасности Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

²Военно-инженерный институт радиоэлектроники и связи, Алматы, Казахстан

³Военно-инженерный институт радиоэлектроники и связи, Алматы, Казахстан

Информация об авторах:

Молдазым Нұрбек Мухаметқалийұлы, доктор PhD, старший научный сотрудник управления научной деятельности, Пограничная академия Комитета национальной безопасности Республики Казахстан, Алматы, Казахстан.

Вдовин Олег Витальевич, магистр инфокоммуникационных технологий и систем связи, Военно-инженерный институт радиоэлектроники и связи, Алматы, Казахстан, e-mail: ipgleg@gmail.com.

Гревцов Дмитрий Владимирович, магистр педагогического образования, начальник кафедры защиты информации, Военно-инженерный институт радиоэлектроники и связи, Алматы, Казахстан.

Аннотация - Рассматривается задача построения единой платформы ситуационного управления МЧС Республики Казахстан, объединяющей данные беспилотных летательных аппаратов, стационарных датчиков, службы 112, гидрологических постов и метеостанций в единую ситуационную картину командного пункта. Показано, что ключевым ограничением действующего контура управления является не дефицит данных, а их ведомственная разрозненность и отсутствие механизмов автоматического сведения в реальном времени. Выполнен сравнительный анализ зарубежных платформ управления критическими событиями и обоснованы требования к отечественной разработке. Предложена пятиуровневая архитектура платформы со сквозным контуром информационной безопасности, разработаны единая модель события и модель слияния разнородных данных по уровневой схеме JDL, включающая метрику пространственно-временной ассоциации сообщений и правило агрегирования достоверности при подтверждении события несколькими независимыми источниками. Сформулированы нефункциональные требования и трёхэтапная модель внедрения — от районного пилотного контура до республиканского уровня.

Ключевые слова - ситуационное управление, чрезвычайные ситуации, слияние разнородных данных, искусственный интеллект, беспилотные летательные аппараты, единая ситуационная картина, архитектура информационных систем, гражданская защита.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Показано, что ограничивающим фактором действующего контура ситуационного управления МЧС Республики Казахстан выступает не дефицит первичных данных, а их ведомственная разрозненность и отсутствие механизмов автоматического сведения в реальном времени. Предложена пятиуровневая архитектура единой платформы со сквозным контуром информационной безопасности, обеспечивающая независимую эволюцию уровней сбора, нормализации, хранения, аналитики и

представления данных. Разработана модель слияния разнородных данных по уровневой схеме JDL, включающая нормированную пространственно-временную метрику ассоциации сообщений (1) и правило агрегирования достоверности при подтверждении события несколькими независимыми источниками (2). Сформулированы целевые нефункциональные требования к платформе и трёхэтапная модель её внедрения — от районного пилотного контура до республиканского уровня.

ВВЕДЕНИЕ

Республика Казахстан относится к государствам с широким спектром природных и техногенных рисков: регулярно регистрируются весенние паводки, степные и лесные пожары, землетрясения, сели и лавины, аварии на химически опасных объектах. Организационной и правовой основой реагирования выступает Закон Республики Казахстан «О гражданской защите» [1], определяющий состав и порядок функционирования государственной системы гражданской защиты, включая порядок обмена информацией между её элементами.

Практика ликвидации крупных чрезвычайных ситуаций последних лет выявила характерную закономерность. Весенний паводковый период 2024 года охватил большинство регионов страны и потребовал эвакуации населения в масштабах, не наблюдавшихся на протяжении десятилетий [16]. При этом сложность управления определялась не столько отсутствием информации об обстановке, сколько её распределённостью между ведомствами и информационными системами: сведения о положении сил поступали от территориальных подразделений, гидрологические данные — от сети наблюдательных постов, обращения граждан — через службу 112, аэрофотосъёмка — от подразделений беспилотной авиации. Сведение этих потоков в единую картину выполнялось преимущественно вручную, что вносило задержки, измеряемые десятками минут, и порождало расхождения в оценке обстановки между уровнями управления.

Такое положение противоречит современным представлениям о снижении риска бедствий. Сендайская рамочная программа на 2015–2030 годы относит развитие систем сбора, обработки и распространения информации о рисках к числу приоритетных направлений действий государств [4]. С позиций теории ситуационной осведомлённости процесс управления в динамической обстановке включает три уровня: восприятие элементов обстановки, понимание их смысла и прогнозирование развития ситуации [8]. Действующие ведомственные информационные системы обеспечивают преимущественно первый уровень — регистрацию и отображение отдельных фактов, тогда как переход ко второму и третьему остаётся на стороне человека-оператора и ограничен его когнитивными возможностями.

Целью работы является обоснование и разработка архитектуры единой платформы ситуационного управления МЧС Республики Казахстан, обеспечивающей интеграцию разнородных источников данных в единую ситуационную картину командного пункта. Задачи исследования: провести сравнительный анализ существующих платформ управления критическими событиями; классифицировать источники данных и определить их информационные характеристики; разработать многоуровневую архитектуру платформы и единую модель события; предложить модель слияния разнородных данных с оценкой достоверности; сформулировать нефункциональные требования и модель поэтапного внедрения.

Пробел в исследовании

Именно разрыв между регистрацией отдельных фактов обстановки и их автоматическим осмыслением определяет пробел, устраняемый настоящим исследованием. Зарубежные платформы управления критическими событиями (см. раздел «Обзор литературы») решают преимущественно задачи агрегирования уже сформированных сообщений и оповещения, но не обеспечивают глубокой интеграции с первичными ведомственными источниками данных и не учитывают организационную структуру системы гражданской защиты Республики Казахстан, ограниченную пропускную способность каналов связи в отдалённых районах и требования к размещению данных на территории республики. Открытым остаётся вопрос формализованной процедуры сведения сообщений от разнородных источников в единую ситуационную картину с количественной оценкой достоверности каждого события. Настоящее исследование восполняет этот пробел разработкой многоуровневой архитектуры и модели слияния данных, адаптированных к отечественным организационным и инфраструктурным условиям.

Научная новизна

Методологическую основу составили системный анализ, методы многоуровневого архитектурного проектирования информационных систем, уровневая модель слияния данных JDL и сравнительный анализ функциональных возможностей программных платформ. Научная новизна работы состоит в том, что впервые для условий Республики Казахстан предложена архитектура единой платформы ситуационного

управления, адаптированная к организационным и инфраструктурным условиям страны: учитывающая ведомственную структуру системы гражданской защиты, ограниченную пропускную способность каналов связи в отдалённых районах, требования к размещению и защите данных, а также необходимость обработки обращений на казахском и русском языках. Впервые для данной предметной области предложена нормированная пространственно-временная метрика ассоциации разнородных сообщений (1) и правило агрегирования достоверности события при подтверждении несколькими независимыми источниками (2), формализующие процедуру, которую оперативный дежурный ранее выполнял интуитивно. Научная ценность работы заключается в том, что предложенные архитектурные и алгоритмические решения создают воспроизводимую основу для перехода от ведомственной регистрации отдельных фактов к автоматическому пониманию и прогнозированию развития обстановки.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Класс программных продуктов, решающих близкие задачи, за рубежом обозначают термином «управление критическими событиями» (critical event management). Наиболее известны платформа Everbridge, обеспечивающая агрегирование сигналов о рисках, массовое оповещение и координацию реагирования [17], и аналитическая платформа Crisis24, ориентированная на мониторинг угроз и информационную поддержку решений [18]. В государственном секторе распространены сервисы на данных дистанционного зондирования Земли: служба Copernicus Emergency Management Service предоставляет картографические продукты по запросу уполномоченных органов в режиме, близком к оперативному [19]. Отдельное направление образуют системы оповещения населения на основе протокола Common Alerting Protocol [5], а организационные требования к управлению инцидентами закреплены стандартом ISO 22320 [6]. Сравнительный анализ по признакам, существенным для рассматриваемой предметной области, приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ платформ управления критическими событиями

Признак сравнения	Everbridge	Crisis24	Copernicus EMS	Требуемое решение
Интеграция ведомственных датчиков и БПЛА	Ограниченная	Нет	Нет	Обязательна
Приоритизация угроз средствами ИИ	Частично	Частично	Нет	Обязательна
Предложение состава сил и средств	Нет	Нет	Нет	Обязательно
Работа при деградации каналов связи	Ограниченная	Ограниченная	Не применимо	Обязательна
Обработка обращений на казахском языке	Нет	Нет	Не применимо	Обязательна
Размещение данных на территории РК	Не обеспечивается	Не обеспечивается	Не обеспечивается	Обязательно

Как следует из таблицы 1, зарубежные агрегирования уже сформированных сообщений и платформы решают преимущественно задачи оповещения, но не обеспечивают глубокой

интеграции с ведомственными источниками первичных данных. Их применение в качестве основного контура управления сопряжено с принципиальными ограничениями: невозможностью размещения оперативных данных исключительно на территории республики, отсутствием адаптеров к отечественным системам наблюдения и приёма обращений, отсутствием поддержки казахского языка, а также зависимостью от иностранного поставщика при сопровождении критически важной системы. Совокупность этих факторов обосновывает целесообразность создания отечественной платформы, а признаки правого столбца таблицы 1 образуют исходный перечень требований к ней.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

А. Источники данных и проблема их гетерогенности

Информационное обеспечение ситуационного управления формируется пятью группами источников. Первую образуют беспилотные летательные аппараты с оптико-электронными и инфракрасными камерами, обеспечивающие оперативную разведку, обнаружение очагов горения, определение границ подтопления и поиск пострадавших; применение беспилотной авиации при ликвидации последствий бедствий рассматривается как одно из наиболее динамично развивающихся направлений [9]. Особенностью источника является высокий объём передаваемых

данных при ограниченной пропускной способности радиоканала.

Вторую группу составляют стационарные датчики промышленного интернета вещей: тепловые и дымовые извещатели, газоанализаторы на химически опасных объектах, датчики уровня воды, сейсмические станции. Взаимодействие с ними целесообразно строить на открытых стандартах, в частности на спецификации OGC SensorThings API, обеспечивающей унифицированное описание наблюдений и их метаданных [7]. Третья группа — гидрологические посты и метеорологические станции национальной гидрометеорологической службы [20]; данные регулярны, но обновляются относительно редко и служат основным входом прогнозных моделей паводковой обстановки.

Четвёртая группа — поток обращений граждан в службу 112 в виде голосовых вызовов, коротких сообщений и данных о местоположении абонента. Этот источник обладает наибольшей информационной ценностью на ранней стадии события и одновременно наибольшим уровнем шума: сообщения неструктурированы, многократно дублируются, содержат неточные привязки к местности [10]. Пятую группу образуют внешние данные: материалы дистанционного зондирования Земли для оценки масштабов поражения территории [11], сведения операторов связи о плотности абонентов и открытые источники сети Интернет. Сводные характеристики источников приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Информационные характеристики источников данных

Группа источников	Периодичность	Тип данных	Задержка	Достоверность
БПЛА (ЭО/ИК)	Непрерывно в полёте	Видеопоток, снимки, телеметрия	1–10 с	Высокая
Датчики IoT	1 с – 5 мин	Числовые ряды, события	1–30 с	Высокая
Гидропосты и метеостанции	1–3 ч	Числовые ряды	До 1 ч	Высокая
Служба 112	По факту обращения	Аудио, текст, координаты	10–60 с	Средняя и низкая

ДЗЗ и внешние данные	От 6 ч до 1 сут	Растровые изображения, тексты	Часы	Средняя
----------------------	-----------------	-------------------------------	------	---------

Основная научно-техническая трудность интеграции состоит в гетерогенности перечисленных потоков: различии форматов, систем координат и временных шкал, несогласованности понятийного аппарата, дублировании сообщений об одном происшествии, а также существенно различном уровне достоверности источников. Следовательно, платформа должна включать не только транспортный механизм сбора данных, но и формализованную процедуру приведения сообщений к единому представлению с последующим слиянием.

В. Архитектура платформы

Предлагаемая архитектура построена по многоуровневому принципу и включает пять функциональных уровней, охваченных сквозным контуром информационной безопасности (рисунок 1). Такое разделение обеспечивает независимость эволюции уровней: подключение нового источника не затрагивает аналитическое ядро, а замена модели машинного обучения не требует изменения средств отображения.



Рисунок 1 – Многоуровневая архитектура единой платформы ситуационного управления

Уровень 1 — сбор и адаптеры источников. Реализуется набором адаптеров, каждый из которых инкапсулирует особенности конкретного протокола: MQTT и OGC SensorThings для датчиков, RTSP для видеопотоков БПЛА, интеграцию с телефонной подсистемой по SIP и CTI для службы 112, протокол CAP для обмена оповещениями со смежными ведомствами.

Принципиальным решением является размещение части адаптеров в граничном сегменте, непосредственно у источника. Такой подход [12] позволяет выполнять первичный анализ видеопотока на борту беспилотного аппарата и передавать в центр не полное видео, а результат детекции с опорными кадрами, что сокращает трафик на один-два порядка, а также буферизовать данные при потере связи с последующей досылкой.

Уровень 2 — нормализация и потоковая обработка. Входящие сообщения приводятся к единой модели события, включающей уникальный идентификатор, тип события по ведомственному классификатору, время наблюдения и время регистрации, геометрию в системе координат WGS-84, идентификатор и класс источника, оценку достоверности, предметные атрибуты, ссылки на медиаматериалы и статус обработки. Временные метки приводятся к единой шкале, что критично для последующей ассоциации. Обработка организуется как потоковая на основе распределённой шины событий журнального типа [14], что обеспечивает горизонтальное масштабирование и повторную обработку исторических данных при обучении моделей.

Уровень 3 — хранение и витрины данных. Разделяется на три контура: горячий контур временных рядов для показаний датчиков, геопространственное хранилище объектов обстановки и объектное хранилище видеоматериалов и снимков; разделение обусловлено различными профилями нагрузки и сроками хранения. Порядок формирования соответствующих информационных ресурсов

определяется законодательством об информатизации [2].

Уровень 4 — аналитическое ядро. Выполняет детекцию объектов и признаков чрезвычайной ситуации, ассоциацию сообщений, оценку угроз, прогнозирование развития обстановки и формирование предложений по составу привлекаемых сил и средств. Модели этого уровня составляют предмет отдельного исследования и здесь рассматриваются на уровне интерфейсов взаимодействия. Уровень 5 — представление и взаимодействие — формирует единую ситуационную картину на видеостене командного пункта, роль-ориентированные автоматизированные рабочие места, мобильные клиенты для подразделений и программные интерфейсы для смежных ведомств. Существенно, что для каждого отображаемого объекта обстановки сохраняется возможность перехода к первичным данным, на основании которых он сформирован: это обеспечивает доверие оператора к автоматически сведённой картине.

С. Модель слияния разнородных данных

Слияние организуется в соответствии с уровневой моделью JDL, предложенной в [13] и развитой применительно к задачам оценки ситуации в [15]. Схема обработки приведена на рисунке 2: на уровне L0 выполняется предобработка сигналов, на L1 — оценка отдельных объектов, на L2 — оценка ситуации как совокупности связей между ними, на L3 — оценка угроз, на L4 — уточнение самого процесса сбора, включая перенацеливание беспилотных аппаратов и изменение частоты опроса датчиков.

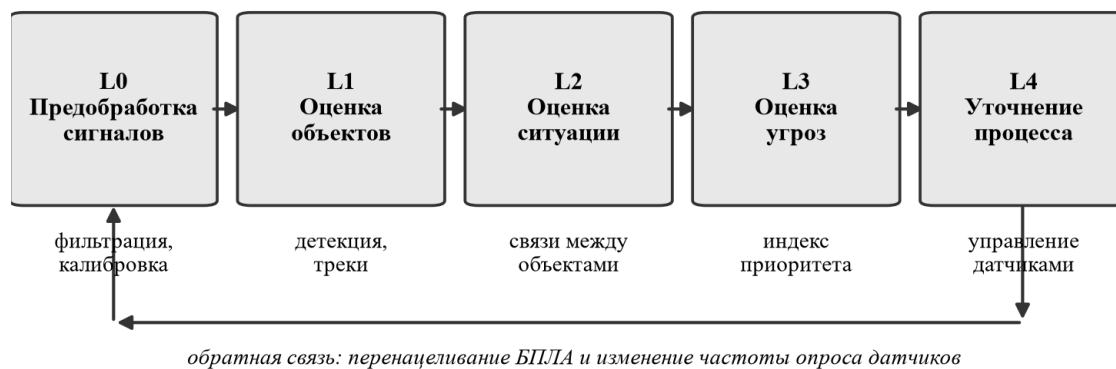


Рисунок 2 – Конвейер слияния данных по уровням модели JDL

Ключевой операцией является ассоциация — решение о том, относятся ли два сообщения к одному событию. Для сообщений e_i и e_j предлагается нормированная пространственно-временная метрика

$$d(e_i, e_j) = \sqrt{(\Delta s / \sigma_s)^2 + (\Delta t / \sigma_t)^2} \quad (1)$$

где Δs — расстояние между координатами сообщений, м; Δt — разность времён наблюдения, с; σ_s и σ_t — характерные масштабы пространственной и временной неопределённости, задаваемые для каждой пары классов источников. Сообщения относятся к одному событию при $d(e_i, e_j) \leq 1$ и совместимости их типов по ведомственному классификатору.

Значения σ_s и σ_t существенно различаются по источникам: для стационарного датчика пространственная неопределённость составляет единицы метров, для обращения в службу 112 без точной привязки абонента — сотни метров. Это делает неприменимым единый порог ассоциации и требует его дифференциации по классам источников.

Вторая ключевая операция — агрегирование достоверности. Если событие подтверждено несколькими независимыми источниками, его итоговая достоверность должна возрастать, не превышая единицы, для чего используется правило

$$C(e) = 1 - \prod (1 - r_k \cdot q_k), \quad k = 1, \dots, m \quad (2)$$

где r_k — коэффициент надёжности источника k , определяемый по статистике его ложных срабатываний; q_k — уверенность детектора или оператора в конкретном сообщении; m — число независимых источников, подтвердивших событие.

Правило (2) формализует процедуру, которую опытный оперативный дежурный выполняет интуитивно: одно сообщение из службы 112 даёт невысокую итоговую достоверность, однако три независимых обращения из одного района в сочетании с показанием теплового извещателя повышают её до значений, при которых событие отображается как подтверждённое. Конфликты между источниками разрешаются по правилу приоритета: инструментальный источник с более высоким коэффициентом надёжности имеет преимущество перед сообщением человека, однако противоречие обязательно фиксируется в карточке события и предъявляется оператору, поскольку расхождение источников часто указывает на быстрое изменение обстановки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

А. Нефункциональные требования

Функциональная полнота платформы не гарантирует её пригодности для оперативного применения — определяющее значение имеют нефункциональные характеристики, целевые значения которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Нефункциональные требования к платформе

Характеристика	Целевое значение	Обоснование
Задержка от события до отображения	Не более 15 с для инструментальных источников	Сопоставимость с темпом развития обстановки
Доступность контура управления	Не ниже 99,9 % в год	Круглосуточный режим несения дежурства
Автономность при потере связи	Не менее 24 ч буферизации на граничном узле	Условия отдалённых районов
Масштабируемость	От района до республики без смены архитектуры	Поэтапное развёртывание

Прослеживаемость решений	Полный аудит операций и первичных данных	Юридическая значимость действий
Защита персональных данных	Соответствие требованиям законодательства	Обработка обращений граждан

Отдельного внимания требует защита информации. В потоке обращений службы 112 неизбежно присутствуют персональные данные заявителей и пострадавших, обработка которых регулируется Законом Республики Казахстан «О персональных данных и их защите» [3]. Архитектурным ответом на это требование является разделение контуров: оперативный контур работает с обезличенными карточками событий, тогда как персонифицированные сведения хранятся отдельно и доступны ограниченному кругу ролей с обязательной регистрацией каждого обращения в журнале аудита.

В. Модель внедрения и ожидаемый эффект

Внедрение платформы целесообразно проводить в три этапа. На первом разворачивается пилотный контур в одном паводкоопасном районе с ограниченным набором источников — гидропосты, метеоданные, обращения службы 112 и два-три беспилотных аппарата; цель этапа — отработка адаптеров и модели события на реальных данных. На втором контур тиражируется на область с подключением датчиков промышленных объектов и интеграцией со смежными ведомствами по протоколу САР. На третьем формируется республиканский уровень с агрегированной картиной обстановки. Такая последовательность даёт практический результат уже на первом этапе и снижает риск, характерный для одномоментного внедрения крупных информационных систем.

Оценку эффективности предлагается проводить по показателям, измеримым до и после внедрения: время формирования сводной обстановки по району, доля событий, подтверждённых более чем одним источником, время от поступления первого сообщения до постановки задачи подразделению. Предложенная метрика ассоциации (1) и правило агрегирования достоверности (2) обеспечивают формализованную и воспроизводимую основу для расчёта этих показателей на этапе пилотного внедрения, что отличает предлагаемое решение от рассмотренных зарубежных платформ (таблица 1),

не решающих задачу глубокой интеграции с первичными источниками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе обоснована и разработана архитектура единой платформы ситуационного управления МЧС Республики Казахстан. Показано, что ограничивающим фактором действующего контура управления выступает не дефицит первичных данных, а их ведомственная разрозненность, вследствие чего переход от восприятия обстановки к её пониманию и прогнозированию возлагается на оператора.

Выполнен сравнительный анализ зарубежных платформ управления критическими событиями и показано, что их применение в качестве основного контура управления в Республике Казахстан ограничено требованиями к размещению данных, отсутствием адаптеров к отечественным источникам и отсутствием поддержки казахского языка. Предложена пятиуровневая архитектура платформы со сквозным контуром информационной безопасности, разработаны единая модель события и модель слияния разнородных данных, включающая нормированную пространственно-временную метрику ассоциации сообщений (1) и правило агрегирования достоверности (2). Сформулированы нефункциональные требования и трёхэтапная модель внедрения. Направлением дальнейших исследований является разработка и экспериментальная проверка моделей аналитического ядра платформы — оценки приоритета угроз и распределения сил и средств реагирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВКЛАД АВТОРОВ

Молдазым Н.М. — концептуализация, разработка методологии исследования, общее научное руководство и итоговое редактирование текста. Вдовин О.В. — анализ источников данных и зарубежных платформ, разработка архитектуры платформы и модели слияния данных, подготовка первоначального варианта текста и иллюстраций. Гревцов Д.В. — разработка требований к информационной безопасности платформы, критический анализ и редактирование текста. Все авторы одобрили финальную версию рукописи.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено без привлечения внешнего финансирования.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы не имеют благодарностей для декларирования.

Авторское право © 2026 принадлежит автору(ам). Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией Creative Commons Attribution–ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0). Лицензия разрешает свободное использование, распространение и воспроизведение в любой форме при условии обязательного указания авторства и сохранения той же лицензии для производных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативные правовые акты

[1] Закон Республики Казахстан от 11 апреля 2014 года № 188-V «О гражданской защите» // Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет». – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000188> (дата обращения: 01.09.2026).

[2] Закон Республики Казахстан от 24 ноября 2015 года № 418-V «Об информатизации» // Информационно-правовая система «Әділет». – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1500000418> (дата обращения: 01.09.2026).

[3] Закон Республики Казахстан от 21 мая 2013 года № 94-V «О персональных данных и их защите» // Информационно-правовая система «Әділет». – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1300000094> (дата обращения: 01.09.2026).

Международные документы и стандарты

[4] Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. – Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015. – 37 p.

[5] Common Alerting Protocol Version 1.2. OASIS Standard. – Burlington: OASIS, 2010. – 47 p.

[6] ISO 22320:2018. Security and resilience – Emergency management – Guidelines for incident management. – Geneva: ISO, 2018. – 20 p.

[7] OGC SensorThings API Part 1: Sensing Version 1.1. – Wayland: Open Geospatial Consortium, 2021. – 214 p.

Журнальные статьи

[8] Endsley M.R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems // Human Factors. – 1995. – Vol. 37, No. 1. – P. 32–64.

[9] Erdelj M., Natalizio E., Chowdhury K.R., Akyildiz I.F. Help from the sky: Leveraging UAVs for disaster management // IEEE Pervasive Computing. – 2017. – Vol. 16, No. 1. – P. 24–32.

[10] Imran M., Castillo C., Diaz F., Vieweg S. Processing social media messages in mass emergency: A survey // ACM Computing Surveys. – 2015. – Vol. 47, No. 4. – Article 67. – P. 1–38.

[11] Ghaffarian S., Kerle N., Filatova T. Remote sensing-based proxies for urban disaster risk management and resilience: A review // Remote Sensing. – 2018. – Vol. 10, No. 11. – P. 1760.

[12] Shi W., Cao J., Zhang Q., Li Y., Xu L. Edge computing: Vision and challenges // IEEE Internet of Things Journal. – 2016. – Vol. 3, No. 5. – P. 637–646.

[13] Hall D.L., Llinas J. An introduction to multisensor data fusion // Proceedings of the IEEE. – 1997. – Vol. 85, No. 1. – P. 6–23.

Материалы конференций

[14] Kreps J., Narkhede N., Rao J. Kafka: A distributed messaging system for log processing // Proceedings of the 6th International Workshop on Networking Meets Databases (NetDB). – Athens, 2011. – P. 1–7.

[15] Steinberg A.N., Bowman C.L., White F.E. Revisions to the JDL data fusion model // Proceedings of SPIE. – 1999. – Vol. 3719. – P. 430–441.

Интернет-ресурсы

[16] Официальный интернет-ресурс Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer> (дата обращения: 01.09.2026).

[17] Everbridge Critical Event Management Platform. – URL: <https://www.everbridge.com> (дата обращения: 01.09.2026).

[18] Crisis24 Horizon Platform. – URL: <https://crisis24.garda.com> (дата обращения: 01.09.2026).

[19] Copernicus Emergency Management Service. – URL: <https://emergency.copernicus.eu> (дата обращения: 01.09.2026).

[20] Республиканское государственное предприятие «Казгидромет». – URL: <https://www.kazhydromet.kz> (дата обращения: 01.09.2026).

REFERENCES

- [1] Law of the Republic of Kazakhstan No. 188-V dated April 11, 2014, "On Civil Protection," Adilet Legal Information System of the Republic of Kazakhstan. [Online]. Available: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000188> (accessed: Sep. 1, 2026). (in Russian)
- [2] Law of the Republic of Kazakhstan No. 418-V dated November 24, 2015, "On Informatization," Adilet Legal Information System. [Online]. Available: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1500000418> (accessed: Sep. 1, 2026). (in Russian)
- [3] Law of the Republic of Kazakhstan No. 94-V dated May 21, 2013, "On Personal Data and Their Protection," Adilet Legal Information System. [Online]. Available: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1300000094> (accessed: Sep. 1, 2026). (in Russian)
- [4] Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015, 37 p.
- [5] Common Alerting Protocol Version 1.2, OASIS Standard, Burlington, MA, USA: OASIS, 2010, 47 p.
- [6] ISO 22320:2018, Security and Resilience – Emergency Management – Guidelines for Incident Management, Geneva, Switzerland: ISO, 2018, 20 p.
- [7] OGC SensorThings API Part 1: Sensing, Version 1.1, Wayland, MA, USA: Open Geospatial Consortium, 2021, 214 p.
- [8] M. R. Endsley, "Toward a theory of situation awareness in dynamic systems," *Human Factors*, vol. 37, no. 1, pp. 32–64, 1995.
- [9] M. Erdelj, E. Natalizio, K. R. Chowdhury, and I. F. Akyildiz, "Help from the sky: Leveraging UAVs for disaster management," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 16, no. 1, pp. 24–32, Jan. 2017.
- [10] M. Imran, C. Castillo, F. Diaz, and S. Vieweg, "Processing social media messages in mass emergency: A survey," *ACM Computing Surveys*, vol. 47, no. 4, Art. 67, pp. 1–38, 2015.
- [11] S. Ghaffarian, N. Kerle, and T. Filatova, "Remote sensing-based proxies for urban disaster risk management and resilience: A review," *Remote Sensing*, vol. 10, no. 11, p. 1760, 2018.
- [12] W. Shi, J. Cao, Q. Zhang, Y. Li, and L. Xu, "Edge computing: Vision and challenges," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 3, no. 5, pp. 637–646, Oct. 2016.
- [13] D. L. Hall and J. Llinas, "An introduction to multisensor data fusion," *Proceedings of the IEEE*, vol. 85, no. 1, pp. 6–23, Jan. 1997.
- [14] J. Kreps, N. Narkhede, and J. Rao, "Kafka: A distributed messaging system for log processing," in *Proc. 6th Int. Workshop on Networking Meets Databases (NetDB)*, Athens, Greece, 2011, pp. 1–7.
- [15] A. N. Steinberg, C. L. Bowman, and F. E. White, "Revisions to the JDL data fusion model," in *Proc. SPIE*, vol. 3719, 1999, pp. 430–441.
- [16] Official website of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. [Online]. Available: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer> (accessed: Sep. 1, 2026).
- [17] Everbridge Critical Event Management Platform. [Online]. Available: <https://www.everbridge.com> (accessed: Sep. 1, 2026).
- [18] Crisis24 Horizon Platform. [Online]. Available: <https://crisis24.garda.com> (accessed: Sep. 1, 2026).
- [19] Copernicus Emergency Management Service. [Online]. Available: <https://emergency.copernicus.eu> (accessed: Sep. 1, 2026).
- [20] "Kazhydromet" Republican State Enterprise. [Online]. Available: <https://www.kazhydromet.kz> (accessed: Sep. 1, 2026). (in Russian)