

Геоинформационный подход к реализации совместного территориально-предиктивного анализа состояния охранных мониторингов местности

The area security monitoring joint territorial predictive analysis geoinformation approach

Беляев / Belyaev A.

Александр Константинович

(belyaev.ak@tversu.ru)

ФГБОУ ВО «Тверской государственный
университет», начальник отдела
информационных технологий.
г. Тверь

Биденко / Bidenko S.

Сергей Иванович

(sibidenko@mail.ru)

доктор технических наук, профессор.
АО «НПО Импульс», главный эксперт.
г. Санкт-Петербург

Звездарев / Zvezdarev D.

Дмитрий Валентинович

(dzvezdarev@mail.ru)

кандидат технических наук, доцент.
ЗАО «Институт телекоммуникаций»,
ведущий специалист.
г. Санкт-Петербург

Миляков / Milyakov D.

Денис Федорович

(denism@navis.spb.su)

кандидат технических наук.
СПб филиал АО «КБ «Навис»,
директор.
г. Санкт-Петербург

Травин / Travin S.

Сергей Викторович

(travin.s@mail.ru)

кандидат технических наук, доцент.
ООО «Фертоинг»,
заместитель директора.
г. Санкт-Петербург

Храмов / Khramov I.

Игорь Сергеевич

(igorhramov@yahoo.com)

кандидат технических наук.
ГКУ Тверской области «Центр информационных
технологий», начальник отдела Государственной
системы обнаружения и предотвращения
компьютерных атак.
г. Тверь

Ключевые слова: адаптивные охранные системы местности – adaptive protection systems of the area; предиктивная аналитика – predictive analytics; территориальный анализ – territorial analysis; гибридная уязвимость – hybrid vulnerability; деструктивные воздействия – destructive impacts; надёжность технических средств – reliability of technical means; оценка технического состояния – assessment of technical condition.

Рассмотрены вопросы влияния окружающей геосреды на состояние технических средств охранных мониторингов местности (ОММ), их пространственно-временные параметры. Указаны ограничения аппарата предиктивной аналитики (АПА) функционирования технических средств (ТС) ОММ. Предложен подход к наращиванию прогнозного потенциала АПА за счет использования методов ГИС-анализа. Приведены понятия и определения, сформулированы принципы геоинформационной поддержки АПА для оценки и прогнозирования состояния ТС охраны в территориально распределённых системах охранных мониторингов региона с учетом влияния геоситуации. Описаны деструктивные региональные факторы природного, техногенного, антропогенного, боевого и террористического характера. Приведено описание геоинформационных моделей и методов поддержки АПА.

The article considers the issues of the influence of the environment on the state of the technical means of security monitoring of the area (ASM), their spatial-temporal parameters. The limitations of the predictive analytics apparatus (PAA) of the functioning of the technical means (TS) of the ASM are indicated. An approach to increasing the predictive potential of the PAA through the use of GIS analysis methods is proposed, forecasting the state of the security vehicle in the geographically distributed security monitoring systems of the region, taking into account the influence of the geosituation. Destructive regional factors of natural, technogenic, anthropogenic, combat and terrorist nature are described. A description of geoinformation models and methods of PAA support is given.

Введение

Охранные мониторинги местности (ОММ) – это организационно-технические средства и системы, предназначенные для контроля целостности и безопасности зон расположения определенных территориальных объектов [1]. При этом контролируется как территория самого охраняемого объекта, так и установленная прилегающая к нему внешняя зона или пространство.

Зоны ответственности ОММ могут охватывать территории от сотен метров до тысячи километров [2, 3]. При этом в системах ОММ обрабатывается большое количество геоинформатики от его технических средств наблюдения об обстановке внутри и снаружи охраняемого объекта (ОО).

Сами датчики, активные и пассивные сенсоры ОММ могут располагаться с большим пространственным разбросом, контроль их технического состояния в соответствии с эксплуатационными инструкциями требует значительных временных и материальных затрат [4, 5].

Для снижения эксплуатационных расходов по техническому обслуживанию (ТО) аппаратных средств (в т. ч. и ОММ) традиционно используются средства предиктивной аналитики (ПА) [6, 7], призванные по накопленной статистике отказов предсказывать появление технических неисправностей оборудования, и таким образом позволяющие увеличивать интервал времени между ТО, т. е. сокращать эксплуатационные расходы.

Но есть вопросы и по самому аппарату ПА и его эффективности. В соответствии с требованиями математической статистики условия выборки должны оставаться неизменными на протяжении всего времени (периода) наблюдений [8]. Т. е. «голая» статистика отказов технических средств (ТС), в т. ч. датчиков, сенсоров, сонаров и т. д. ОММ, будет давать хорошие прогнозы только в идеальных условиях параметров окружающей среды.

Но на техническое состояние и работу ТС ОММ оказывают действенное влияние параметры внешней окружающей среды (ОС) – температура, влажность, ветер, осадки, загрязненность, радиация, электромагнитные поля и т. д. [9, 10]. При значительном пространственном разбросе сенсоров ОММ условия ОС в один и тот же период наблюдений скорее всего будут заметно различаться в разных территориальных локациях (местах расположения) ТС ОММ. Это утверждение верно практически для всей территории России [11]. Изменчивость метеорологических параметров с большой вероятностью превышает среднее время наработки на отказ ТС ОММ [12, 13].

Таим образом, становится актуальной задача учета состояния и параметров геосреды при использовании аппарата АП.

В соответствии с принятыми подходами к решению той или иной задачи составляющими любой концепции

являются ее понятия и определения, принципы решения, а также описание порядка решения задачи на основе выдвинутых определений и принципов [14, 15].

Концепция ГИС-поддержки аппарата предиктивной аналитики

Исходя из вышеприведенной установки, новыми и уточняющими понятиями здесь являются следующие.

Деструктивный регион (деструктивная зона) – территория, подвергающаяся опасным воздействиям природного, техногенного, антропогенного, военного и террористического характера.

Деструктивные воздействия на территориальные объекты – результат проявления факторов природного, техногенного, антропогенного и террористического характера, приводящих к изменению свойств, состояния и режима работы подконтрольного геопространственного актора.

Природно-климатические воздействия (факторы) – экстремальные температуры (мороз, жара); атмосферные осадки (снегопады, дожди, гололед); ветер (штормовой, порывистый, пыльные бури); наводнения, подтопления; лавины, сели, оползни; грозовая активность (молнии); гидрометеорологические аномалии (обледенение, налипание мокрого снега); сейсмическая активность (землетрясения, подземные толчки); радиационное и солнечно-геофизическое воздействие.

Техногенные воздействия – пожары (в том числе вследствие аварий); взрывы (технологические, бытовые, террористические); разливы опасных веществ (ГСМ, химикаты); аварии на инженерных сетях (ЛЭП, газопроводы, водоснабжение); механические разрушения от техники (проезд, столкновения); электромагнитные и вибрационные помехи от промышленного оборудования.

Антропогенные воздействия (преднамеренные и непреднамеренные) – несанкционированное проникновение; вандализм; инсайдерская активность (умышленный саботаж, утечка информации); хищения, порча оборудования; ошибки персонала при обслуживании; нарушение регламентов эксплуатации.

Социальные и организационные воздействия – массовые беспорядки, митинги, протесты; нарушение логистических связей (блокировка доступа, перебои с поставками); нарушение связи и управления (каналы передачи данных, дублирование информации); прерывание дежурства охраны, отсутствие реагирования.

Информационно-кибернетические воздействия – кибератаки на инфраструктуру охранного мониторинга (взлом, DDoS); деструктивное воздействие на программное обеспечение (вирусы, вредоносный код); подмена сигналов от датчиков, видеопотока; нарушение целостности, доступности или конфиденциальности данных.

Комбинированные (синергетические) воздействия – совокупность природных и техногенных факторов

(например, гроза+пожар): внешнее воздействие, активированное внутренним сбоем (например, отказ в системе охлаждения+перегрев).

Охраняемая территориальная зона (объект) гибридной уязвимости – охраняемая территория, подвергающаяся как внешним, так и внутренним деструктивным воздействиям, т. е. объект с внешними и внутренними опасными факторами.

Объект комплексной охранной уязвимости – объект, подлежащий защите от совокупного спектра угроз, включающего как внешние (проникновение, атаки, воздействия извне), так и внутренние (инсайдерские действия, эксплуатационные сбои, преднамеренные нарушения регламента).

Геопространственные факторы предиктивной аналитики тех. состояния средств наблюдения и защиты – совокупность проявлений свойств окружающей геосреды, обеспечивающая повышение точности и глубины прогнозных оценок операционного статуса средств и систем охраны.

Региональная система охранных мониторингов местности – совокупность (множество) ОММ региона (области), структурированная отношениями служебной иерархии и технического регулирования.

Сформулированные понятия и постановки позволили обозначить следующие принципы интеграции геоинформационных методов и предиктивного анализа.

1. Принцип пространственно-временной связности.

Прогноз должен учитывать не только пространственные параметры, но и их динамику во времени. Реализация этого принципа достигается через:

- представление наблюдаемых объектов в виде пространственно-временных траекторий;
- включение временных лагов и трендов в регрессионные и нейросетевые модели;
- применение Марковских цепей с непрерывным временем, параметризуемых координатами объекта и условиями среды.

2. Принцип взаимной параметризации.

Предиктивные модели обучаются на признаках, извлекаемых из пространственных данных:

- представление наблюдаемых объектов в виде пространственно-временных траекторий;
- включение временных лагов и трендов в регрессионные и нейросетевые модели;
- применение Марковских цепей с непрерывным временем, параметризуемых координатами объекта и условиями среды.

Это позволяет строить зависимость вероятности отказа, вторжения или деградации от геофакторов.

3. Принцип контекстного уточнения прогноза.

Модель должна быть способна адаптировать предсказания в зависимости от контекста местности:

- классификация зон (открытые, закрытые, урбанизированные, приграничные);
- адаптация обучающих выборок по типу территории;
- локализация алгоритмов (например, обучение модели только для конкретного участка охраны).

4. Принцип масштабируемости и вложенности.

Модели должны работать на разных уровнях пространственной детализации:

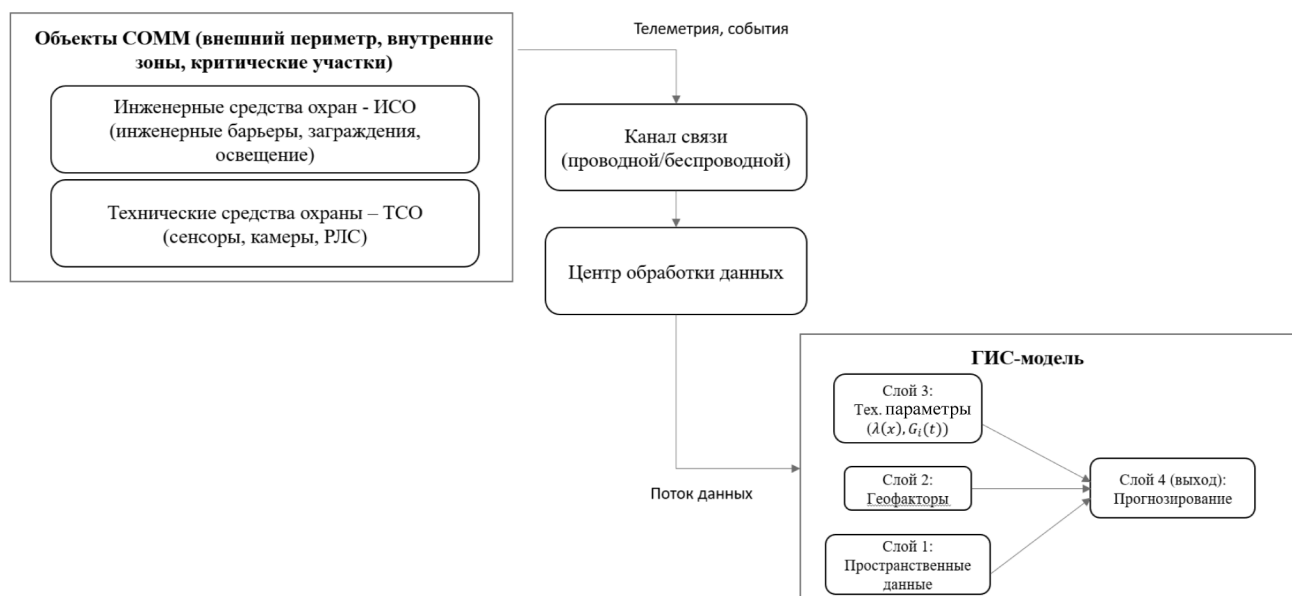


Рис. 1. Структура формирования входных данных для предиктивной аналитики в условиях ГИС-подхода

- участок охраны;
- сектор (кластер точек мониторинга);
- периметр/коридор;
- вся зона ответственности.

Предусматривается агрегация/деагрегация данных с учётом иерархической структуры охраняемой системы.

5. Принцип управления неопределённостью.

Используются вероятностные и стохастические подходы:

- распределения отказов (экспоненциальное, логнормальное, Вейбулла);
- интервальные предсказания (с доверительным уровнем);
- байесовский апдейт модели при поступлении новых данных.

Это особенно актуально при наличии неполных, шумных или редких данных.

6. Принцип замкнутого цикла данных (feedback loop).

Результаты прогноза должны корректировать:

- маршруты технического обслуживания;
- зоны усиленного контроля;
- параметры модели (переобучение на новых данных);
- визуализацию в ГИС-интерфейсе (цветовое кодирование рисков зон, тепловые карты).

7. Принцип интермодальности.

Это организация совместной обработки информации различных форм, качеств и свойств: априорной и оперативной, графической и текстовой, статической и динамической, обобщенной и детальной, реальной и идеальной, картографической и слабо топологизированной. Все источники данных и аналитические процессы должны быть связаны через единую цифровую геоинформационную модель, в которой:

– каждый технический объект охраны имеет пространственную привязку;

– каждому элементу приписываются динамические состояния;

– реализована возможность проведения пространственного запроса, визуализации и аналитического отклика.

8. Принцип геоактивности – требование при анализе обстановки и выработке рекомендаций в региональной системе ОММ перехода от пассивной карты-подложки к активному геоизображению, генерирование и показ рекомендуемого места (где действовать) и характера (содержания) действий в указанной локации (как действовать).

Описание системы моделей и методов геоинформационной поддержки АП приведено на рис. 1 и рис. 2.

На рис. 1 приведен порядок формирования и обработки информации о техническом состоянии объектов территориальной системы охранного мониторинга (СОММ). Исходными источниками данных выступают объекты СОММ, включающие инженерные средства охраны (ИСО) и технические средства охраны (ТСО), размещённые на различных участках периметра и в критических зонах. Получаемая от них телеметрия и события передаются по проводным или беспроводным каналам связи в центр обработки данных, где осуществляется интеграция, фильтрация и агрегация информации.

Далее данные поступают в геоинформационную модель, структурированную в виде многоуровневой слоистой архитектуры. Первый слой содержит пространственные характеристики местности. Второй слой включает геофакторы, оказывающие влияние на надёжность и функционирование ТСО. Третий слой формируется из технических параметров, таких как интенсивность отказов $\lambda(x)$ и функции восстанов-

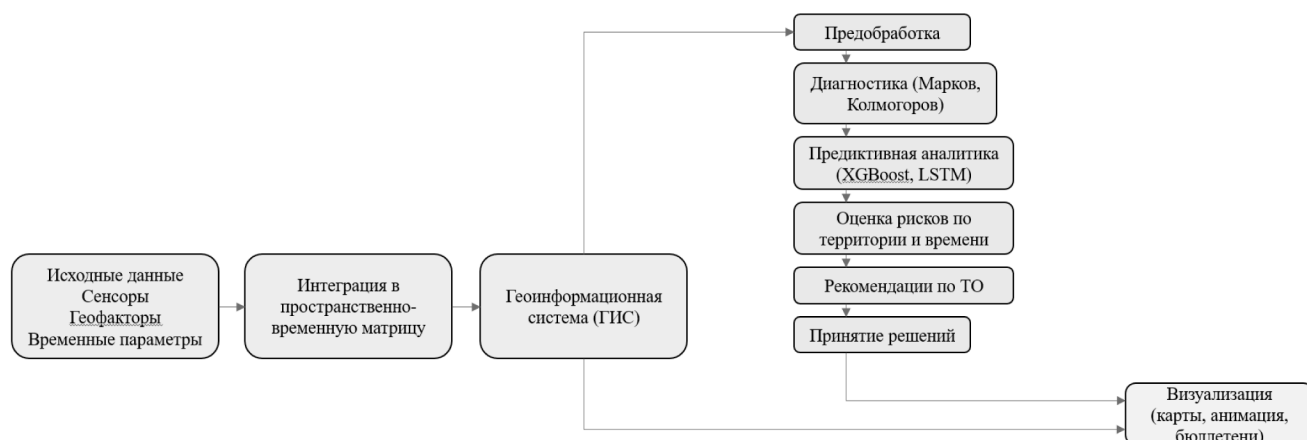


Рис. 2. Геоинформационная поддержка предиктивной аналитики технического состояния охраняемых систем

ления $G(t)$. Все три слоя интегрируются в четвёртый – прогностический, обеспечивающий моделирование технического состояния, оценку рисков и генерацию управляющих воздействий в рамках концепции предиктивной аналитики.

Последовательность обработки и аналитической интерпретации данных в составе геоинформационной поддержки предиктивной оценки технического состояния приведена на рис. 2.

Схема отражает этапы преобразования исходных пространственно-временных данных в прогностические оценки технического состояния охраняемых объектов и рекомендации по техническому обслуживанию. На входе используются три типа данных: телеметрия от сенсоров, геофакторы и временные параметры. После интеграции в пространственно-временную матрицу данные поступают в геоинформационную систему (ГИС), выполняющую функции хранения, пространственной привязки и маршрутизации информации.

В аналитическом контуре ГИС реализуется последовательная обработка: на этапе предобработки устраняются шумы и пропуски; далее выполняется диагностика текущего состояния с использованием математических моделей на основе цепей Маркова и уравнений Колмогорова. После этого применяется предиктивная аналитика (модели градиентного бустинга, рекуррентные нейросети LSTM), позволяющая сформировать прогноз отказов с территориально-временной детализацией. На основании результатов прогноза проводится оценка рисков и формируются рекомендации по техническому обслуживанию (ТО). Завершающий этап включает принятие решений и визуализацию результатов в виде интерактивных карт и анимаций.

Система моделей приведена на рис. 3.

Модель угроз представляет собой компонент комплексной геомодели обстановки, предназначенный для территориально-ориентированной идентификации и оценки факторов, способных нарушить функционирование учреждений уголовно-исполнительной системы (УИС) и связанных с ними технических средств охраны. В структуре модели учитываются деструктивные воздействия природного, техноген-

ного, антропогенного, военного и террористического характера. Для каждого класса угроз формализованы параметры пространственной локализации, интенсивности, вероятности возникновения, а также их влияние на технические, эксплуатационные и организационные элементы охраны.

К природным угрозам относятся воздействия метеорологического и геофизического происхождения: сильные осадки, обледенение, грозовая активность, экстремальные температуры, паводки, сейсмические толчки. Техногенные угрозы включают аварии на инженерной инфраструктуре (пожары, утечки, разрушения линий электропередачи), создающие риски нарушения электропитания и связи. Антропогенные угрозы охватывают действия, возникающие в результате человеческого фактора – умышленные нарушения регламентов, саботаж, несанкционированное проникновение, вандализм, а также ошибки и халатность персонала. Отдельный уровень модели составляют военные и террористические воздействия, моделируемые в рамках прогнозирования деструктивных сценариев на особо охраняемых объектах и вблизи стратегически значимых учреждений.

Каждой угрозе в модели приписывается пространственный охват, степень опасности, вероятность реализации и предполагаемое влияние на элементы охранной инфраструктуры. В расчетах используются как статистические данные (архив инцидентов), так и геофакторы (близость к лесным массивам, промышленным зонам, транспортным коридорам). Модель угроз интегрируется с геооперативной обстановкой и контуром управления, что позволяет учитывать территориальные риски при планировании ТО и оценке текущего уровня защищённости учреждений.

Модель технического состояния средств охраны предназначена для оценки и прогнозирования работоспособности элементов охранной инфраструктуры учреждений УИС. В качестве базового объекта моделирования рассматриваются технические средства охраны (ТСО) – сенсоры, видеокамеры, извещатели, блоки контроля доступа, а также коммутационное и сетевое оборудование. Пространственная привязка каждого ТСО реализована через географические координаты, уникальные идентификаторы и логи-



Рис. 3. Комплексная геомодель обстановки в региональной системе охранных мониторингов местности

ческие маршруты их взаимодействия в составе охраняемого объекта.

Модель реализует вероятностный подход: каждому ТСО приписываются характеристики надёжности, включая вероятность отказа, среднее время до отказа и восстанавливаемость. Используются стохастические модели на основе непрерывных цепей Маркова и распределений Вейбулла. В структуру модели интегрированы параметры качества данных: уровень сигнала, частота пропусков, синхронизация, шум. Это позволяет учитывать зоны пониженной достоверности и повышенной диагностической неопределённости. На основе анализа временных рядов с помощью LSTM-сетей и методов градиентного бустинга осуществляется предсказание перехода в отказные состояния и выделение участков с повышенной вероятностью деградации.

Геооперативная модель обстановки формирует целостную картину текущего состояния территориальной системы охранного мониторинга региона, синхронизируя в пространственно-временном контексте: состояние ТСО, активность угроз, погодные и социальные факторы, а также результаты последних наблюдений и событий. На выходе создаётся структурированное представление – «снимок обстановки» – пригодное для оценки текущего уровня защищённости учреждений и прогнозирования её изменения.

Данная модель использует агрегированные пространственно-временные данные, тематические слои риска, карту функционирующих/отказавших устройств, зоны нарушения регламентов охраны и результаты аналитических вычислений. В неё также встроены индикаторы качества информации (достоверность, плотность, актуальность), что позволяет дифференцировать надёжные зоны от участков, где прогноз неустойчив. Геооперативная модель лежит в основе визуализации и оперативного управления,

обеспечивая ситуационную осведомлённость центра регионального управления и точечное планирование мероприятий ТО и усиленного контроля.

Модель территориально-организационного взаимодействия объектов

Модель взаимодействия объектов представляет собой формализованное описание пространственно-иерархической структуры подчинённых учреждений, расположенных на территории региона. Она включает информацию о типах учреждений, уровне их подчинённости, объёме подконтрольной территории и связях с управляющим центром. Учитываются также маршруты патрулирования, зоны ответственности, точки передачи данных и принятые маршруты реагирования.

Модель представляется в виде направленного графа, где вершинами являются объекты охраны, а рёбрами – служебно-функциональные, телекоммуникационные и логистические связи. Дополнительно описывается плотность распределения средств охраны, дежурных групп, наличие резервных каналов, уровень загрузки оборудования и статистика инцидентов. Такая модель является опорной для согласования пространственной структуры охраны с данными прогнозов, угроз и технического состояния ТСО.

Модель управления реализует механизм обратной связи между аналитическим ядром системы и органами оперативного реагирования. Она описывает алгоритмы формирования решений по результатам оценки обстановки: перераспределение ресурсов, усиление контроля, пересмотр маршрутов технического обслуживания, переобучение моделей предсказания. Управление осуществляется в замкнутом контуре: результат прогноза используется как управляющее воздействие на систему, что в свою очередь влияет на данные и будущие оценки.



Рис. 4. Методы геопространственной предиктивной аналитики

Модель включает в себя приоритетные сценарии реагирования, правила оптимизации маршрутов и смен, нормативные ограничения по времени и доступности, а также правила эскалации (например, переход от локального уровня принятия решений к региональному при превышении порогов угрозы). Реализуются интерфейсы для ГИС-визуализации, интеграции с планами мероприятий и формирования регламентированных отчётов для руководства. Эта модель обеспечивает устойчивость и адаптивность системы охраны в условиях нестабильной территориальной обстановки.

Описание *методического аппарата* приведено на рис. 4.

Математические методы

Математические методы обеспечивают формализацию процессов технического состояния охраняемых средств и их деградации во времени. В частности, непрерывные цепи Маркова и уравнения Колмогорова используются для описания вероятностного характера эволюции состояния системы при различных режимах эксплуатации и технического обслуживания. Модели на их основе позволяют учитывать стохастический характер появления отказов и восстановления, что особенно актуально в условиях территориальной распределённости и переменной в силу природных, техногенных и иных условий эксплуатации, нагрузки на оборудование.

Дополнительно применяются модели теории надёжности, логнормальное и экспоненциальное, для параметризации времён безотказной работы и восстановления. Байесовские методы используются для уточнения оценок состояния при поступлении новых данных от сенсоров, а модели восстановления – для анализа эффективности вмешательств в условиях ограниченных ресурсов.

Методы пространственного анализа

Пространственный анализ охватывает инструменты обработки и трансформации геоданных, отражающих конфигурацию местности, пространственное распределение рисков и поведения объектов охраны. В рамках предложенной методики применяются буферизация, агрегация по зонам, а также кластеризация (DBSCAN, OPTICS) для выделения территориально значимых аномалий, таких как зоны повышенной отказоустойчивости или уязвимости.

Дополнительно используется морфометрический анализ (уклон, экспозиция, водоразделы), геостатистика (вариограммы, крикинг), а также построение пространственно-временных траекторий объектов (патрули, маршруты технического обхода). Это позволяет повысить информативность признаков, используемых в прогнозных моделях, и усилить связь между геофизическими параметрами среды и техническим поведением охраняемых объектов.

Методы машинного обучения

Процедуры машинного обучения позволяют реализовать предиктивную аналитику на основе интеграции геопространственных факторов и телеметрических данных от сенсоров. Применяются как классические алгоритмы (градиентный бустинг, Random Forest), так и нейросетевые подходы (LSTM для учёта временной динамики), обеспечивающие обучение по данным наблюдений и построение прогностических карт вероятностей отказов и нарушений.

Особую роль играют AutoML-фреймворки, позволяющие автоматизировать подбор и калибровку моделей под конкретные участки территории, а также байесовские нейросети, формирующие интервальные оценки с учётом неопределённости. Эти методы адаптируются под структуру территориального мониторинга и способны учитывать как пространственные корреляции, так и нелинейные зависимости между техническими признаками и геофакторами.

Методы визуализации и интеграции

Методы визуализации направлены на представление результатов аналитики в форме, пригодной для принятия оперативных решений в рамках территориально-иерархической структуры охраны. Применяются тематические карты, тепловые распределения прогнозируемых рисков, маршрутизированные графы GridID и анимация во временном разрезе. Это обеспечивает возможность интерактивного контроля технического состояния объектов в ГИС-среде.

Важную роль играют инструменты интеграции – отображение данных в dashboard-интерфейсах (например, Kepler.gl, Mapbox), а также внедрение элементов обратной связи (отметки о фактическом состоянии, ручная корректировка зоны риска). Такие средства повышают управляемость системой мониторинга и позволяют реализовать замкнутый цикл: от данных к прогнозу, от прогноза к действию, и обратно к уточнению модели.

Выводы

1. Охранные мониторинги местности решают ответственную задачу сохранения целостности контролируемых территориальных объектов. При этом ОММ контролируют значительные прилегающие зоны и территории.

2. Объектом ОММ является геоситуация вокруг охраняемого пункта, т. е. окружающая среда. В то же время деструктивные факторы геосреды природного, техногенного, антропогенного, военного, террористического и т. д. характера делают ОММ субъектом окружающей природной, техногенной и социальной ситуации.

3. Особое место в ОММ занимают объекты гибридной или комплексной охранной уязвимости, т. к. эти пункты подлежат защите или контролю не только от внешних, окружающих опасностей, но и от внутренних угроз

(инсайдерские действия, эксплуатационные сбои, преднамеренные нарушения регламента).

4. Аппарат ПА, призванный обеспечить целостность ОММ, для эффективного функционирования должен учитывать влияние ОС на состояние ТС территориального мониторинга. Для этого требуется определенная концепция интеграции ГИС-анализа в аппарат ПА.

5. Для формулирования подхода к реализации геоинформационно-предиктивного анализа (ГПА) в первую очередь требуется уточнение понятий и определений новой предметной области, принципов построения такого аппарата. Определение необходимых для этого перечня геоинформационных моделей и методов должно детализировать общие концептуальные подходы.

6. Реализация приведенного подхода позволит:

- в единой геомодели обстановки в ОММ интегрировать релевантные природные и социальные факторы и параметры окружающей среды;
- стабилизировать в пространстве и времени контролируемую зону ОММ, функционирующего в неоднородной недружественной окружающей геосреде;
- пространственно определять и отображать области действия деструктивных факторов региона, опасных для целостности ОММ;
- связывать результаты предиктивных прогнозов с техническим регулированием системы наблюдения (сенсоров ОММ) в интересах действенного учета состояния окружающей природной среды и социума.

Литература

1. Бабкин, А. А. Инженерно-технические средства охраны и надзора : учеб. пособие / А. А. Бабкин. – Москва : Инфра-Инженерия, 2020. – 184 с.
2. Геоинформационные системы управления многоуровневыми пространственно-распределенными объектами / А.К. Гришко, С.А. Бростилов, М.В. Бойцова [и др.] // cyberleninka [сайт]. – 2018. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/geoinformatsionnye-sistemy-upravleniya-mnogourovnevnyimi-prostranstvenno-raspredelennymi-obektami> (дата обращения: 02.05.2025).
3. Звездинский, С. С. Моделирование функциональной эффективности системы охраны периметра территориально распределенного объекта // С.С. Звездинский, В.А. Иванов, И.В. Парфенцев // Спецтехника и связь. – 2010. – № 1. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-funktsionalnoy-effektivnosti-sistemy-ohrany-perimetra-territorialno-raspredelennogo-obekta> (дата обращения: 02.05.2025).
4. Дубровин, А. С. Практическое значение технического обслуживания ИТСОН на объекте охраны УИС / А.С. Дубровин, Д.Н. Анциперов // Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы : сборник материалов Международной научно-практической конференции. В 2 т. Т. 1. (Воронеж, 18–19 мая 2022 г.). – Иваново, 2022. – С. 205–207.

5. Приказ ФСИН России от 18.08.2006 № 574. Приложение. Руководство по технической эксплуатации инженерно-технических средств охраны и надзора, применяемых для оборудования объектов уголовно-исполнительной системы // Гарант [сайт]. – URL : <https://base.garant.ru/1356616/> (дата обращения: 23.05.2025).

6. Северцев, Н. А. Теория надёжности сложных систем в отработке и эксплуатации : учебник для вузов / Н.А. Северцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2025. – 473 с.

7. Матвеев, А. И. Математические методы системного анализа : учеб. пособие для вузов / А.И. Матвеев. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 128 с.

8. Каштанов, В. А. Теория надёжности сложных систем : учеб. пособие для вузов / В.А. Каштанов, А.И. Медведев. – Москва : Физматлит, 2010. – 608 с.

9. Тимофеев, В. И. Комплексный анализ влияния погодноклиматических условий на эксплуатацию сложных военнотехнических систем и объектов наземной инновационной инфраструктуры в Арктической зоне Российской Федерации / В.И. Тимофеев, Д.К. Щеглов // Инновации. – 2019. – № 4 (246). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-analiz-vliyaniya-pogodno-klimaticheskikh-usloviy-na-ekspluatatsiyu-slozhnykh-voenno-tehnicheskikh-sistem-i-obektov> (дата обращения: 02.05.2025).

10. ГОСТ 15150–69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 71 с.

11. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Санкт-Петербург : Росгидромет, 2017. – 106 с.

12. Диагностика и надежность автоматизированных систем [Электронный ресурс]: электронный образовательный контент в системе дистанционного обучения Moodle / авт.-сост. А. В. Алексеев. – Министерство образования и науки РФ, Самарский гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон. текстовые и графич. данн. – Самара, 2013.

13. Influence of the environment on the reliability of security magnetic contacts / M. Boros, A. Velas, V. Soltes, J. Dworzecki // Sensors. – 2022. – Vol. 22, No. 1. – P. 1–16.

14. Геоконтроллинг и моделирование рисков территории активности / Д.В. Звездарёв, Д.Ф. Миляков, И.С. Храмов [и др.] ; под ред. проф. С.И. Биденко. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2025. – 263 с.

15. Яшин, А. И. Геоинформационные модели и методы поддержки управления / А.И. Яшин, С.И. Биденко, Д.В. Самотонин. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбВАИУ ПВО, 2003. – 218 с.