

УДК 004.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.29.2.023](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.29.2.023)

Информационная поддержка управления уязвимостью сложных распределенных систем на основе обработки пространственной информации

Е.С. Брекоткина, М.Б. Гузаиров, С.В. Павлов, А.С. Павлов, О.И. Христуло
*ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет,
Уфа, Россия*

Резюме: Сложные распределенные системы характеризуются большим количеством подразделений и входящих в них объектов, территориально расположенных на значительном расстоянии друг от друга. Поэтому при управлении различными аспектами их деятельности или функционирования существенную пользу может оказать анализ и обработка пространственной информации, характеризующей местоположение и взаимное расположение подсистем и объектов, а также окружающего их пространства. В данной статье рассматривается один из видов деятельности, направленный на управление уязвимостью за счет выявления и парирования угроз общественной безопасности на территории сложные распределенные системы с помощью систем видеонаблюдения, позволяющих осуществлять информационную поддержку должностных лиц при организации мероприятий по контролю за соблюдением правопорядка. Для качественного решения этих задач проведен анализ и структурирование необходимой пространственной и соответствующей ей атрибутивной информации в составе базы пространственной информации и ее обработка в составе комплексной геоинформационной системы. Предложен подход к постановке и решению некоторых задач по размещению оборудования видеонаблюдения на основе теоретико-множественного описания его важнейших пространственных характеристик. Решение этих задач позволяет повысить качество размещения оборудования видеонаблюдения и необходимой инженерной инфраструктуры с учетом реального размещения как самих видеокамер и наблюдаемых объектов, так и с учетом препятствий. В свою очередь качественное размещение видеокамер повысит эффективность фиксации места и времени происшествия и тем самым позволит оперативно выдвигать необходимые для парирования угрозы общественной безопасности силы и средства, разрабатывать оптимальные маршруты выдвигания, планировать зоны ответственности соответствующих служб и в соответствии с их местоположением планировать проведение мероприятий по парированию этих угроз.

Ключевые слова: Сложные распределенные системы, уязвимость, парирование угроз, видеонаблюдение, зоны видимости, пространственные данные, геоинформационной системы.

Для цитирования: Брекоткина Е.С., Гузаиров М.Б., Павлов С.В., Павлов А.С., Христуло О.И. Информационная поддержка управления уязвимостью сложных распределенных систем на основе обработки пространственной информации. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(2). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors_2_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.023

Information support of vulnerability management of complex distributed systems based on spatial information processing

E.S. Brekotkina, M.B. Guzairov, S.V. Pavlov, A.S. Pavlov, O.I. Khristodulo
*FSBEI HE Ufa State Aviation Technical University
Ufa, Russia*

Abstract: Complex distributed systems are characterized by a large number of units and their constituent objects, geographically located at a considerable distance from each other. Therefore, when managing various aspects of their activities or functioning, analysis and processing of spatial information characterizing the location and relative position of subsystems and objects, as well as the space surrounding them, can significantly benefit. This article discusses one of the activities aimed at managing vulnerability by identifying and countering threats to public security in the territory of complex distributed systems with the help of video surveillance systems that provide information support to officials in organizing law enforcement activities. For a high-quality solution of these problems, the analysis and structuring of the necessary spatial and corresponding attribute information as part of the spatial information base and its processing as part of a comprehensive geographic information system were carried out. An approach to the formulation and solution of some problems on the placement of video surveillance equipment based on the set-theoretical description of its most important spatial characteristics is proposed. The solution to these problems can improve the quality of placement of video surveillance equipment and the necessary engineering infrastructure, taking into account the actual placement of both the cameras themselves and the observed objects, and taking into account obstacles. In turn, the high-quality placement of cameras will increase the efficiency of fixing the place and time of the incident and thereby allow quickly put forward the necessary forces and means to counter public safety threats, develop optimal extension routes, plan the areas of responsibility of the relevant services and plan the conduct of parry events in accordance with their location these threats.

Keywords: Complex distributed systems, geographic information systems, threat parry.

For citation: E.S. Brekotkina, M.B. Guzairov, S.V. Pavlov, A.S. Pavlov, O.I. Khristodulo Information support of vulnerability management of complex distributed systems based on spatial information processing. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2020;8(2). Available from: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/BrekotkinaSoavtors_2_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.023 (In Russ).

Введение

Сложные распределенные системы (СРС) характеризуются большим количеством подразделений и входящих в них объектов, территориально расположенных на значительном расстоянии друг от друга. Поэтому при управлении различными аспектами их деятельности или функционирования существенную пользу может оказать анализ и обработка пространственной информации, характеризующей местоположение и взаимное расположение подсистем и объектов СРС, а также окружающего их пространства (партнеры, конкуренты, инфраструктура и др.).

Рассмотрим некоторые особенности использования пространственной информации при организации управления таким классом СРС как крупные высшие учебные заведения (ВУЗ) на примере Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ). Современный ВУЗ является крупной организацией, осуществляющей различные виды деятельности: учебную, научную, хозяйственную, воспитательную, социальную, финансово-экономическую, управленческую. Он состоит из большого количества подразделений, осуществляющих эти виды деятельности, которые территориально расположены на значительном (от нескольких сот метров, до нескольких сотен километров) расстоянии друг от друга и от центра принятия управленческих решений. поэтому для повышения эффективности и качества управления различными видами деятельности ВУЗа предлагается использовать пространственную информацию в виде географических и топографических карт территорий, схемы размещения инфраструктуры и инженерных коммуникаций, поэтажные планы зданий, снимки (изображения) интересующих территорий с космических спутников и беспилотных летательных аппаратов. Своевременное получение, хранение и обработка этой пространственной информации позволит

улучшить информационную поддержку руководства ВУЗа при управлении всеми видами деятельности, в особенности при решении административно-хозяйственных задач и обеспечения безопасности.

Понятно, что все виды деятельности, а также управление ими тесно взаимосвязаны между собой, и состояние одного из них существенно влияет на все остальные. В последнее время все более существенное место в деятельности и функционировании СРС вообще, и ВУЗов в частности, занимает цифровая компонента, позволяющая более качественно осуществлять контроль и управление всеми перечисленными выше видами деятельности с учетом всех их взаимосвязей [1,2,3]. Причем эта цифровая компонента, с одной стороны осуществляет сбор, хранение и обработку всей необходимой для управления информации, а также реализует модели и алгоритмы управления, с другой стороны, сама является сложной распределённой, в большой мере – технической, системой, требующей специального изучения и реализации. По своей сути появление этой цифровой компоненты в составе СРС превращает их в киберфизические системы, и значимость этой компоненты для них все более возрастает.

Рассмотрим вопрос обеспечения безопасности ВУЗа, который терминологически тесно связан с понятием уязвимости. Уязвимость – это негативное свойство системы (объективно присущее ей), которое характеризует возможность причинения ей определенного вреда внешними средствами и факторами. Сами эти средства или факторы обычно называют угрозами системе, от которых нужно защищаться или парировать их. Процесс управления уязвимостью состоит в определении этих угроз и разработки и внедрении методов и средств их парирования или защиты от них. Для защиты от некоторых угроз, наряду с организационными мерами существенную помощь может оказать цифровая компонента СРС. Для различных классов СРС существуют специфические угрозы их существованию и функционированию, в том числе, для ВУЗов для каждого вида их деятельности существуют также определенные угрозы: экономические, инженерно-технические, социальные, правовые и др.

В данной статье рассматривается одна из типичных угроз: возможное нарушение общественного порядка в помещениях и на территории ВУЗа. Одним из самых эффективных и технологичных способов парирования этой угрозы являются системы видеонаблюдения, позволяющие осуществлять информационную поддержку должностных лиц при организации мероприятий и контроля за соблюдением правопорядка[4]. При разработке системы видеонаблюдения ВУЗа возникает ряд научно-технических задач, основанных на обработке пространственной информации: планирование мест размещения камер видеонаблюдения с учётом их углов обзора; оптимизация размещения оборудования и инженерной инфраструктуры; планирование действий при возникновении угрозы нарушения правопорядка и других внештатных ситуаций (например, аварий).

Использование пространственной информации для фиксации и парирования угроз

Для качественного решения этих задач, естественно необходим анализ и структурирование всей необходимой пространственной и соответствующей ей атрибутивной информации и дальнейшее создание качественной базы пространственной информации, и ее обработка в составе комплексной геоинформационной системы (ГИС) ВУЗа [5,6,7]. Это самостоятельная достаточно сложная научно - техническая задача, решению которой посвящен ряд публикаций авторов настоящей статьи [8,9] и подробно здесь не рассматривается. В результате построения такой базы данных получаем

множество географических карт и планов территорий ВУЗа и его отдельных объектов, зданий и сооружений, которое обозначим

$$K = \{K^i\}, i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где n – количество необходимых для управления ВУЗом карт и планов. Порядок размещения (то есть присвоение номера) плано-картографических данных в множестве K , вообще говоря, не существенный, мы для определенности расположим их в порядке возрастания степени детализации пространственных объектов:

K^1 - карта Республики Башкортостан с размещенными на ней объектами УГАТУ;

K^2 - карта городов (для УГАТУ это Уфа, Ишимбай и Кумертау), с размещенными на ней объектами;

K^3 – карта ВУЗ городка;

K^4 – карта студгородка;

K^5 – карта базы отдыха «Авиатор» и так далее. В множестве K под какими-то номерами располагаются и поэтажные планы всех зданий, например

K^{11} – план первого этажа первого корпуса вузгородка,

K^{12} – план второго этажа первого корпуса вузгородка,

...

K^{21} – план первого этажа второго корпуса вузгородка,

K^{22} – план второго этажа второго корпуса и так далее, всего в множестве K на сегодняшний день находится примерно 70 элементов, то есть карт и планов объектов УГАТУ.

Каждый i – й элемент K^i представляет собой совокупность тематических слоев, содержащих совокупность однотипных (по их физическому смыслу и по способу представления в базе пространственных данных) объектов

$$K^i = \{S_j^i\}, j = \overline{1, m_i}, \quad (2)$$

для всех $i = \overline{1, n}$. Здесь m_i – количество тематических слоев i -ой карты.

Для решения каждой конкретной задачи управления ВУЗом используется свой набор карт и их слоев, например для решения задачи управления общественной безопасностью с помощью систем видеонаблюдения используются для территории ВУЗа следующие слои:

S_1^3 – схема размещение зданий и сооружений;

S_2^3 – схема электрических коммуникаций вузгородка;

S_3^3 – схема размещения видеокамер на территории вузгородка.

Пример этих слоев и их композиция (наложение) представлены на Рисунок 1.

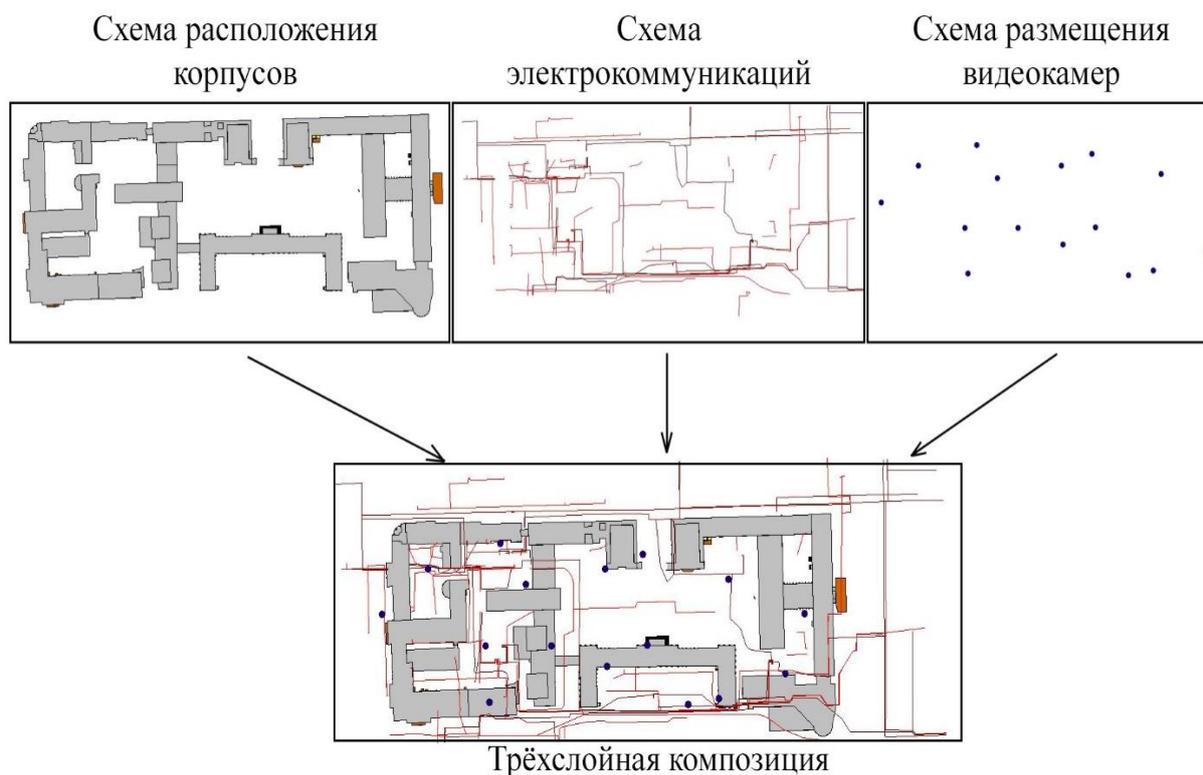


Рисунок 1 – Пример слоев и их композиции для решения задачи управления общественной безопасностью с помощью систем видеонаблюдения

Figure 1 – Example of layers and their composition for solving the problem of public security management using video surveillance systems

Для оптимизации размещения систем видеонаблюдения в здании используются следующие слои (на примере поэтажных планов первого корпуса):

S_1^{11} – план помещений первого этажа;

S_2^{11} – схема электрических коммуникаций первого этажа;

S_3^{11} – схема размещения видеокамер.

Пример этих слоев и их композиция представлены на Рисунок 2.

Пространственное представление зон видимости видеокамер

Информационная поддержка принятия решений по парированию угроз осуществляется на основе комплексной обработки пространственной и атрибутивной информации, для чего необходимо осуществить формальное (математическое) описание этих видов информации с единых методических позиций [10]. Рассмотрим более детально информацию о размещении камер видеонаблюдения, входящих в упомянутые выше слои карт.

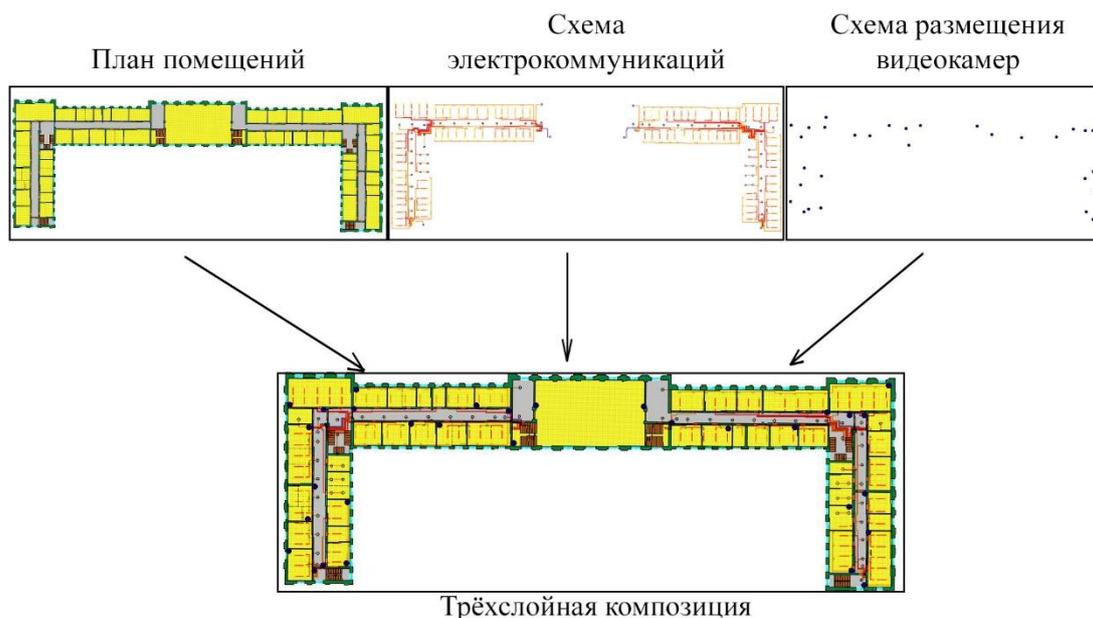


Рисунок 2 – Пример слоев и их композиции для решения задачи оптимизации размещения систем видеонаблюдения в здании ВУЗа

Figure 2 – Example of layers and their composition for solving the problem of optimizing the placement of video surveillance systems in a University building

Для упрощения изложения предложенного подхода, но не нарушая его общность по применению к другим картам и планам, остановимся более подробно на представлении информации о камерах видеонаблюдения на территории вузгородка, то есть на карте K^3 в слое S_3^3 . В слое S_3^3 представлена информация обо всех видеокамерах VK , установленных на территории вузгородка:

$$S_3^3 = \{VK_i\}, i = \overline{1, p}, \quad (3)$$

где p – общее количество видеокамер. Каждая видеокамера $VK_i, i = \overline{1, p}$, обладает пространственными и атрибутивными характеристиками:

$$VK_i = \{VK_i^П, VK_i^А\}. \quad (4)$$

$VK_i^П$ – совокупность пространственных данных, определяющих местоположение видеокамеры, то есть ее географические координаты, а также характеристики пространства, видимые этой камерой:

$$VK_i = \{(x_i, y_i), \varphi_i^1, \varphi_i^2, R_i^{min}, R_i^{max}\} \quad (5)$$

где (x_i, y_i) – координаты размещения видеокамеры на карте вузгородка; φ_i^1, φ_i^2 – горизонтальные углы обзора видеокамеры; R_i^{min}, R_i^{max} – минимальная и максимальная дальность обзора видеокамеры.

$VK_i^А$ – описательная (атрибутивная) информация, включающая параметры и характеристики видеокамеры: разрешающая способность, требования к электропитанию, климату, освещенности и др.

Для решения задач общественной безопасности на конкретной территории или в конкретном помещении важной характеристикой видеокамеры является ее зона

видимости, которая зависит как от ее технических характеристик, так и от ее местоположения (места установки) и взаимного расположения с другими пространственными объектами. Паспортной зоной видимости Z_{Π}^k k -ой видеокамеры VK_k , $k = \overline{1, p}$, расположенной в точке с координатами (x^k, y^k) , называется множество точек (x_i^k, y_i^k)

$$Z_{\Pi}^k = \{(x_i^k, y_i^k)\}, i = 1, 2, 3, \dots, \quad (6)$$

попадающих в криволинейную трапецию, ограниченную на плоскости углами обзора φ_k^1, φ_k^2 и радиусами дальности обзора R_k^{min}, R_k^{max} (Рисунок 3).

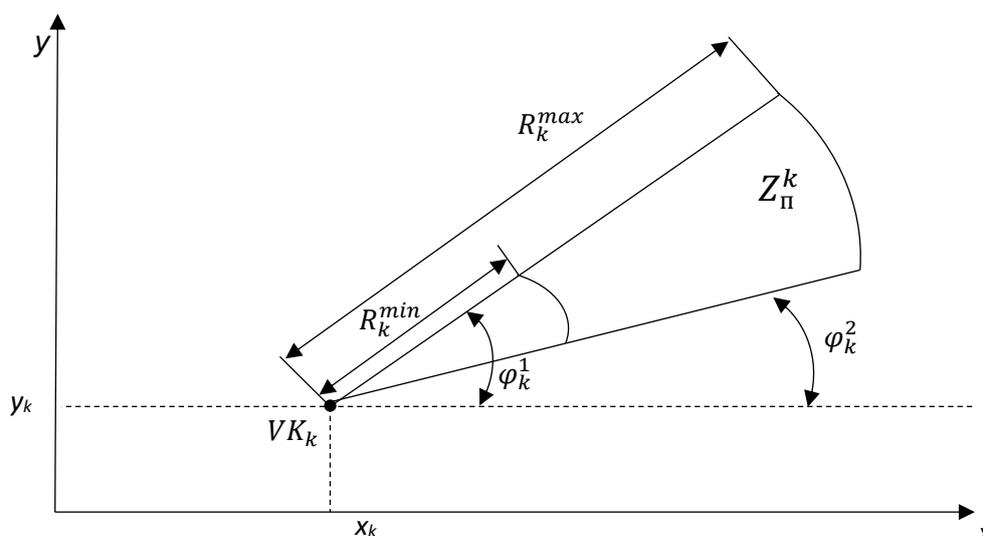


Рисунок 3 – К определению паспортной зоны видимости видеокамеры
 Figure 3 – To determine the passport visibility zone of the video camera

Количественной характеристикой размеров зоны видимости k -ой видеокамеры может служить площадь зоны видимости

$$S_{\Pi}^k = S(Z_{\Pi}^k), \quad (7)$$

которая вычисляется по известным правилам геометрии. Смысл введения в рассмотрение этого параметра вполне понятен, он позволяет охарактеризовать качество размещения совокупности видеокамер на контролируемой территории: чем большая часть территории охвачена наблюдением (то есть попадает в зону видимости хотя бы одной камеры) тем более защищенной эта территория является. Характеристикой охвата территории системой видеонаблюдения может служить общая зона видимости всех камер $Z_{общ}$, которая представляет собой множество точек (x_i, y_i) , видимых хотя бы одной камерой. Исходя из определения множеств Z_{Π}^k следует, что

$$Z_{общ} = \bigcup_{k=1}^p Z_{\Pi}^k, \quad (8)$$

тогда

$$S_{общ} = S(Z_{общ}) = \sum_{k=1}^p S_{\Pi}^k - S(\bigcap_{k=1}^p Z_{\Pi}^k) \leq \sum_{k=1}^p S_{\Pi}^k. \quad (9)$$

В том случае, когда зоны видимости различных видеокамер не пересекаются, то есть

$$Z_{\Pi}^i \cap Z_{\Pi}^j = \{\emptyset\}, \text{ при } i \neq j, \quad (10)$$

$$S_{\text{общ}} = \sum_{k=1}^p S_{\Pi}^k. \quad (11)$$

Но такая ситуация встречается крайне редко из-за наложения паспортных зон видимости различных видеокамер друг на друга, более того покрытие всей контролируемой территории паспортными зонами видимости так же встречается крайне редко, особенно для ВУЗов, на территориях которых находится большое количество пространственных объектов (здания, сооружения, зеленые насаждения, рекламные конструкции и др.) препятствующих видимости части территории паспортных зон видимости. Поэтому фактические зоны видимости Z_{Φ}^k , а также их площади отличаются от паспортных и

$$S(Z_{\Phi}^k) \leq S(Z_{\Pi}^k), k = \overline{1, p}. \quad (12)$$

Границы и размеры (площадь) фактических зон видимости изменяются за счет как наложения друг на друга паспортных зон видимости двух и более видеокамер, так и за счет появления в паспортной зоне видимости различных препятствий. Рассмотрим варианты влияния различных пространственных объектов на формирование зоны фактической видимости камер видеонаблюдения при их попадании в зону паспортной видимости этих камер. Попадание точечных пространственных объектов в зону видимости практически на нее и ее размеры не влияет (по крайней мере, с формальной точки зрения).

Попадание линейных и полигональных пространственных объектов в зону видимости видеокамер оказывает очень схожее влияние на определение Z_{Φ}^k , так как в расчетах для полигональных объектов используется только их граница, являющаяся линией. Формальное (математически) определение выпадающих из поля зрения видеокамер участков их паспортных зон видимости может осуществляться известными методами геометрии. На практике при создании систем (высокоавтоматизированных) информационной поддержки управления различными видами деятельности ВУЗа эти задачи решаются встраиваемыми инструментальными средствами используемого специализированного программного обеспечения ГИС. И перечисленные выше задачи парирования угроз, сводятся к разработке и реализации с помощью этих инструментальных средств алгоритмов обработки пространственных данных необходимой тематики из корпоративной базы данных.

При этом наличие только векторных топологически корректных данных обо всех пространственных объектах соответствующей территории или помещения позволяет корректно ставить и решать задачи информационной поддержки принятия решений по управлению ВУЗом. Например, качественное построение фактических зон видимости видеокамер и расчёт их площади однозначно зависит от полноты информации о количестве, форме и месте размещения препятствий. Вполне понятно, что для решения только одного, даже очень важного для управления ВУЗом классом задач – парирование угроз общественной безопасности, создавать такую базу данных экономически не выгодно, но при комплексном подходе, то есть при использовании этих данных для решения большого числа задач управления, некоторые из которых приведены в [5,6], создание такой базы данных становится не только оправданным, но и выгодным.

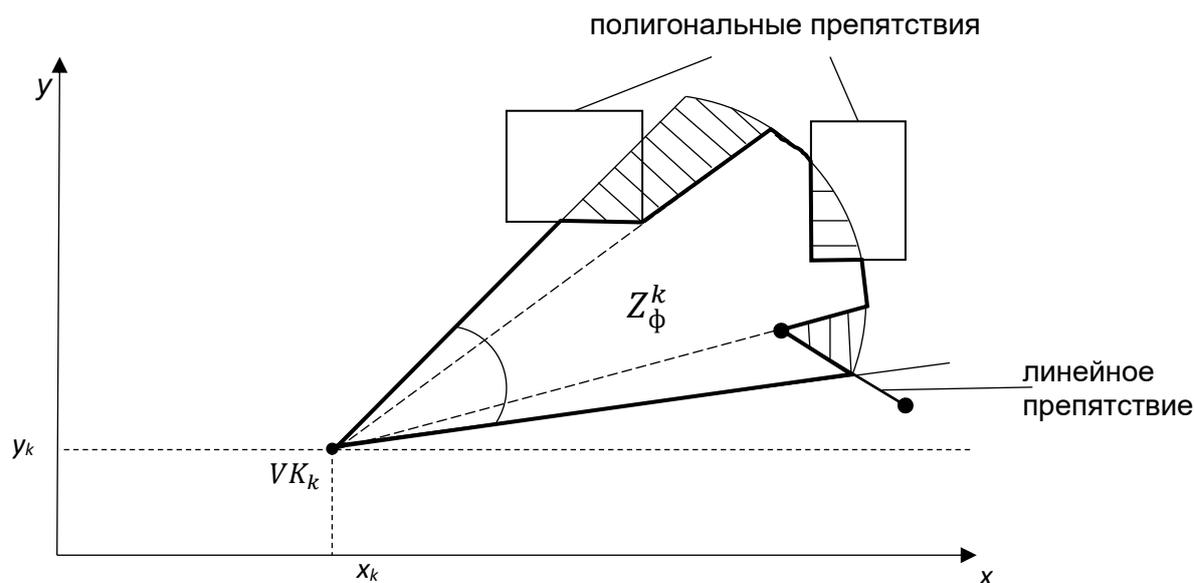


Рисунок 4 – Формирование фактической зоны видимости видеокамеры
 Figure 4 – Forming the actual camera's field of view

Заключение

Организации видеонаблюдения на определенной территории с использованием качественной базы пространственных данных и программных средств ГИС позволяет ставить и решать задачи планирования и размещения оборудования видеонаблюдения:

- сокращение количества камер видеонаблюдения при сохранении общей площади фактической зоны видимости

$$p \rightarrow \min, \text{ при } S_{\text{общ}} \equiv \text{const}; \quad (13)$$

- увеличение площади фактической зоны видимости, при заданном количестве видеокамер

$$S_{\text{общ}} \rightarrow \max, \text{ при } p \equiv \text{const}. \quad (14)$$

Решение этих задач средствами ГИС дает возможность повысить качество размещения оборудования видеонаблюдения и необходимой инженерной инфраструктуры (электроснабжение, климат-контроль и др.) с учетом реального размещения как самих видеокамер и наблюдаемых объектов, так и с учетом препятствий. В свою очередь качественное размещение видеокамер повысит эффективность фиксации места и времени происшествия и тем самым позволит оперативно выдвигать необходимые для парирования угрозы общественной безопасности силы и средства, разрабатывать оптимальные маршруты выдвижения, планировать зоны ответственности соответствующих служб и в соответствии с их местоположением планировать проведение мероприятий по парированию этих угроз.

БЛАГОДАРНОСТИ

Результаты исследований, представленные в статье, поддержаны грантом РФФИ №20-08-00301\20 – А «Методологические и теоретические основы управления уязвимостью на основе парирования угроз в сложных распределенных системах»

ЛИТЕРАТУРА

1. Брекоткина Е.С., Павлов С.В., Павлов А.С. *Метод организации больших массивов данных региона в рамках перехода к цифровой экономике*. Материалы XVIII Международной научной конференции «Управление экономикой: методы, модели, технологии». Изд-во: «УГАТУ», Уфа. 2018:34-37.
2. Khristodulo O., Gvozdev V., Blinova D. *Information Support of Technogenic Safety Management on the Basis of Mathematical Modeling and GIS Technologies* .2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). Chelyabinsk. 2017:1-4.
3. Павлов С.В., Ефремова О.А. *Онтологическая модель интеграции разнородных по структуре и тематике пространственных баз данных в единую региональную базу данных*. Онтология проектирования. «Новая техника». Самара. 2017;7(3):323-333.
4. Гузаиров М.Б. *Технические средства защиты*. Учебное пособие. Уфа, УГАТУ. 2007:191.
5. Гузаиров М.Б., Павлов С.В., Даминов А.Р. *Информационно-справочная подсистема социально-культурных объектов УГАТУ*. Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: Межвузовский научный сборник. Уфа, УГАТУ. 2008:14-22.
6. Гузаиров М.Б., Даминов А.Р. *Комплексная обработка разнородной информации при управлении вузом на основе ГИС – технологий*. Вестник УГАТУ: Научный журнал. 2009;13(2):119-125.
7. Кузнецов А.И., Исламов А.И., Павлов С.В. *Разработка геоинформационной системы уфимского государственного авиационного технического университета на основе отечественного программного обеспечения*. Труды Седьмой всероссийской научной конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений». Уфа. 2019:102-107.
8. Бахтизин Р.Н., Павлов С.В., Павлов А.С., Сайфутдинова Г.М. *Создание инфраструктуры пространственных данных Республики Башкортостан на основе геоинформационных технологий*. Уфа: Нефтегазовое дело. 2008:103.
9. Брекоткина Е.С., Павлов А.С., Павлов С.В., Трубин В.Д., Христодуло О.И. *Анализ и синтез структуры пространственных данных для управления сложными распределенными системами*. Труды Восьмой Всероссийской научной конференции с международным участием «Информационные технологии и системы», 17-21 марта. Ханты-Мансийск, Россия. 2020:120-124.
10. Khristodulo O., Gvozdev V., Fakhretdinova E. *Information support of development of consolidated solutions in the development of a system of collection and transportation MSW based on GIS technologies*. Proceedings of the 7th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision-Making Support (ITIDS 2019). Atlantis Press <https://www.atlantispress.com/proceedings/itids-19/articles>.

REFERENCES

1. Brekotkina E., Pavlov S., Pavlov A. *Method of organizing large data sets of the region in the framework of transition to digital economy .Materials of the XVIII International scientific conference "economic Management:methods, models, technologies".* – USATU, Ufa. 2018:34-37.
2. Khristodulo O., Gvozdev V., Blinova D. *Information Support of Technogenic Safety Management on the Basis of Mathematical Modeling and GIS Technologies .2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM).* Chelyabinsk. 2017:1-4.
3. Pavlov S., Efremova O. *Ontological model of integration of heterogeneous spatial databases into a single regional database. Design ontology.* "New technology", Samara.2017;7(3):323-333.
4. Guzairov M. *Technical means of protection.* Manual. Ufa, USATU. 2007:191.
5. Guzairov M., Pavlov S., Daminov A. *Information and Reference Subsystem of Socio-Cultural Objects of USATU . Geoinformation technologies in the design and creation of corporate information systems:Interuniversity scientific collection.* Ufa, USATU. 2008:4-22.
6. Guzairov M., Daminov A. *Integrated processing of heterogeneous information when managing a university based on GIS - technologies . Bulletin of USATU:Scientific journal of USATU.* 2009;13(2):119-125.
7. Kuznetsov A., Islamov A., Pavlov S. *Development of a geographic information system of the Ufa State Aviation Technical University based on domestic software. Proceedings of the Seventh All-Russian Scientific Conference "Information Technologies of Intellectual Decision Support",* May 28-30. Ufa, Russia. 2019:102-107.
8. Bakhtizin R., Pavlov S., Pavlov A., Sayfutdinova G. *Creation of spatial data infrastructure of the Republic of Bashkortostan on the basis of geographic information technologies.* Ufa:Oil and gas business. 2008:103.
9. Brekotkina E., Pavlov A., Pavlov S., Khristodulo O. *Analysis and synthesis of the spatial data structure for managing complex distributed systems . Proceedings of the Eighth All-Russian Scientific Conference with International Participation "Information Technologies and Systems",* March 17-21. Khanty-Mansiysk, Russia. 2020:120-124.
10. Khristodulo O., Gvozdev V., Fakhretdinova E. *Information support of development of consolidated solutions in the development of a system of collection and transportation MSW based on GIS technologies . Proceedings of the 7th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2019) - Atlantis Press* <https://www.atlantispress.com/proceedings/itids-19/articles>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Христодуло Ольга Игоревна, докт. техн.наук, профессор, заведующий кафедрой геоинформационных систем, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.
e-mail: o-hristodulo@mail.ru

Olga I. Khristodulo, Doctor Tech. Sciences, Professor, Head Of The Department Of Geoinformation Systems, Federal State Budgetary Institution Of Higher Education Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.

Гузаиров Мурат Бакеевич, докт. техн. наук, профессор кафедры вычислительной техники и защиты информации, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.

e-mail: guzairov@ugatu.su

Murat B. Guzairov, Doctor. Tech. Sciences, Professor, Department Of Computer Engineering And Information Security, Federal State Budgetary Institution Of Higher Education Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.

Брекоткина Елена Сергеевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры Экономики предпринимательства, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.

e-mail: brekotkina@mail.ru

Elena S. Brekotkina, Candidate Of Economic Sciences, Associate Professor Of The Department Of Business Economics, Federal State Budgetary Institution Of Higher Education Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.

Павлов Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры Геоинформационных систем, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.

e-mail: psvgis@mail.ru

Sergey V. Pavlov, Doctor Of Technical Sciences, Professor Of The Department Of Geoinformation Systems, Federal State Budgetary Institution Of Higher Education Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.

Павлов Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Геоинформационных систем, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.

e-mail: pavlov.alex@hotmail.com

Alexander S. Pavlov, Candidate Of Technical Sciences, Associate Professor Of The Department Of Geoinformation Systems, Federal State Budgetary Institution Of Higher Education Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.