подходящими для авиационных приложений, где требования к надежности и эффективности связи особенно высоки.

Список использованных источников

1. Тарасов Л. В. Лазеры: действительность и надежды. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 176 с.
2. Son I. K., Mao I. A survey of free space optical networks. Digital Communications and Networks. Vol. 3. p.p. 67–77. May 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/ j.dcan.2016.11.002
3. Karafolas N. Optical satellite networks. Lightwave Technology, IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology. Vol. 18. p.p. 1792–1806. Dec 2000. DOI: 10.1109/50.908734
4. Кузяков, Б. А. Анализ эффективности открытых систем связи ближнего и среднего ик диапазонов в гражданской авиации / Кузяков Б.А. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2009. – Т. 9, № 4. – С. 211-214.
5. Беспроводная оптическая связь в ультрафиолетовом с-диапазоне / Ефимова Ю. И., Прощенок Э. В., Роменский М. В., Унру П. П. // Modern Science. – 2021. – № 4-1. – С. 445-450.

Хакимхан Алина Тахировна, студент каф. электронных и квантовых средств передачи информации (ЭКСПИ, alinahakimhan@mail.ru.

Бобина Елена Андреевна, к.т.н., доцент каф. электронных и квантовых средств передачи информации (ЭКСПИ), eabobina@yandex.ru.

УДК 519.177; 004.056; 519.7

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ГРАФЫ И ЗАЩИТА ДАННЫХ

В.П. Цветов

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: реберно размеченные графы, вероятностные модели, информационная безопасность.

В докладе определяются полугруппы вероятностных графов и матриц, пригодные для моделирования состояний информационных систем, в частности векторов атак. В работе развиваются методы, предложенные в [1-3].

Определим множество реберно размеченных графов $V \times V^{[0,1]}$ с множеством вершин $V = \{v_1, .., v_n\}$ и множеством размеченных ребер $E_{[0,1]} = \left\{ \left(v_i, v_j, \rho_{ij} \right) \middle| v_i, v_j \in V \wedge \rho_{ij} \in [0,1] \right\}$ с метками из замкнутого вещественного интервала [0,1].

Определим вероятностное полукольцо $\langle [0,1], (\cdot, \max) \rangle$ с носителем $[0,1]$ и операциями арифметического умножения и взятия максимума.

Определим ассоциативную операцию произведения графов $G_V^1 = \left\langle V, E_{[0,1]}^1 \right\rangle$ и $G_V^2 = \left\langle V, E_{[0,1]}^2 \right\rangle$, как $G_V^1 \circ G_V^2 = G_V^3 = \left\langle V, E_{[0,1]}^3 \right\rangle$, где

$$E_{[0,1]}^3 = \left\{ \left(v_i, v_j, \rho_{ij}^3 \right) \middle| v_i, v_j \in V \wedge \rho_{ij}^3 = \max_{k \in 1..n} \left(\rho_{ik}^1 \cdot \rho_{kj}^2 \right) \right\}.$$

Нейтральным по этой операции является единичный граф $I = \left\langle V, E_{[0,1]}^I \right\rangle$, где

$$E_{[0,1]}^I = \left\{ \left(v_i, v_j, \rho_{ij}^I \right) \middle| v_i, v_j \in V \wedge \rho_{ij}^I = \begin{Bmatrix} 1, i = j \\ 0, i \neq j \end{Bmatrix} \right\}.$$

В дальнейшем будем рассматривать моноид вероятностных графов $\left\langle V \times V^{[0,1]}, (I, \circ) \right\rangle$ и изоморфный ему моноид $\left\langle M_n^{[0,1]}, (\delta, \cdot) \right\rangle$ вероятностных матриц порядка n с операцией произведения матриц $M_n^1 = \left(\rho_{ij}^1 \right)$ и $M_n^2 = \left(\rho_{ij}^2 \right)$ по правилу «строка на столбец»:

$$M_n^1 \square M_n^2 = M_n^3 = \left(\max_{k \in 1..n} \left(\rho_{ik}^1 \cdot \rho_{kj}^2 \right) \right),$$

и единичной матрицей $\delta_n = \left(\delta_{ij} \right)$.

Отметим то, что матрицы $M_n = \left(\rho_{ij} \right)$ не обязаны быть стохастическими, т.е. для них не требуется выполнения условия равенства единице суммы элементов строк/столбцов.

Рассмотрим n-мерный случайный битовый процесс с дискретным временем $\left\{ \eta(t_k) \right\}_{k=1}^{\infty}$, где $\eta(t_k) = \left[\xi_1(t_k), .., \xi_n(t_k) \right]$, и $\xi_i(t_k) \in \{0,1\}$, $i \in 1..n$.

Определим пару случайных n^2-мерных случайных битовых процессов с дискретным временем $\left\{ \left[\xi_i(t_k) \cdot \xi_j(t_k) \right] \right\}_{k=1}^{\infty}$ и $\left\{ \left[\xi_i(t_k) \cdot \xi_j(t_{k+1}) \right] \right\}_{k=1}^{\infty}$.

Заметим, что математические ожидания $\mathrm{M}\left[\xi_i(t_k) \cdot \xi_j(t_k) \right]$ и $\mathrm{M}\left[\xi_i(t_k) \cdot \xi_j(t_{k+1}) \right]$ есть не что иное, как вероятности событий $p_{ij}^1(k) = \mathrm{P}\left(\xi_i(t_k) = 1 \middle| \xi_j(t_k) = 1 \right)$ и $p_{ij}^2(k) = \mathrm{P}\left(\xi_i(t_k) = 1 \middle| \xi_j(t_{k+1}) = 1 \right)$, соответственно.

Определим последовательности вероятностных матриц $\left\{M_n^1(k)\right\}_{k=1}^{\infty}$, $\left\{M_n^2(k)\right\}_{k=1}^{\infty}$, где $M_n^1(k)=\left(p_{ij}^1(k)\right)$, $M_n^2(k)=\left(p_{ij}^2(k)\right)$, а также изоморфные им последовательности вероятностных графов $\left\{G_n^1(k)\right\}_{k=1}^{\infty}$, $\left\{G_n^2(k)\right\}_{k=1}^{\infty}$. Заметим, что каждый из графов $G_n^1(k)$ является неориентированным петлевым графом, а $G_n^2(k)$ - орграфом, возможно, с петлями.

Рассмотрим систему с дискретным временем $\{t_k\}_{k=1}^{\infty}$, состояние которой описывается набором из n признаков $V=\{v_1,..,v_n\}$, измеряемых в двоичной номинальной шкале $\{0,1\}$, где 1 соответствует наличию признака, а 0 – его отсутствию. Будем считать, что динамика состояний системы описывается n-мерным случайным битовым процессом с дискретным временем $\left\{\eta(t_k)\right\}_{k=1}^{\infty}$. В качестве вычислительной прогностической математической модели такой системы можно использовать вероятностные графы $\left\{G_n^1(k)\right\}_{k=1}^{\infty}$, $\left\{G_n^2(k)\right\}_{k=1}^{\infty}$ и их матрицы $\left\{M_n^1(k)\right\}_{k=1}^{\infty}$, $\left\{M_n^2(k)\right\}_{k=1}^{\infty}$, построенные по предыдущей схеме.

В подобной интерпретации $p_{ij}^1(k)$ - вероятность одновременного обнаружения признаков v_i и v_j в k-ом измерении, $p_{ii}^1(k)$ - вероятность обнаружения признака v_i в k-ом измерении, $p_{ij}^2(k)$ - вероятность обнаружения признака v_j в k+1-ом измерении при условии обнаружения признака v_i в k-ом измерении.

Если $\overline{\eta}(t_k)=\overline{\eta}=\left[\overline{\xi}_1,..,\overline{\xi}_n\right]$ - набор наблюдаемых значений в k-ом измерении, то нижняя оценка его последующей вероятностной динамики $\overline{\eta}\left(t_{k+j}\right)$ будет описываться серией матричных произведений

$$\bar{\eta}\left(t_{k+j}\right)=\bar{\eta}\ \cdot\prod_{i=0}^{j-1} M_n^1(k+i)\cdot M_n^2(k+i).$$

Предложенная модель может быть использована для обеспечения безопасности информационных систем после формирования значений меток $p_{ij}^{1}(k)$ и $p_{ij}^{2}(k)$ с помощью обучающих алгоритмов.

Список использованных источников

1. Цветов В.П. О вложении измерительных шкал // Международная научно-техническая конференция "Перспективные информационные технологии (ПИТ-2018)". - 2018. - С. 341-344.
2. Tsvetov V. P. Dual ordered structures of binary relations // CEUR Workshop Proceedings. - 2018. - Vol. 2212. - P. 304-311
3. Tsvetov V. P. Algebras of finitary relations // CEUR Workshop Proceedings. - 2019. - Vol. 2416. - P. 119-125

Цветов Виктор Петрович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры безопасности информационных систем. E-mail: tsf-su@mail.ru

УДК 004.056.53, 004.056.2

СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК НА ПРОТОКОЛ EIGRP

Д.Р. Мозжухин

Московский Авиационный Институт (МАИ), г. Москва

Ключевые слова: кибербезопасность, протоколы маршрутизации, EIGRP, средство защиты информации.

Протоколы маршрутизации в сети Интернет играют очень важную роль, так как именно с помощью этих протоколов пользователи сети могут обмениваться информацией как удаленно - то есть в сети WAN, так и в сетях с маленькой площадью, например, в корпоративных сетях.

За все время существования сети Интернет пользователи разработали большое количество протоколов маршрутизации. Существуют два вида протоколов: протоколы внутридоменной и внешнедоменной маршрутизации. Как понятно из названия, протоколы внутридоменной маршрутизации используются для связи устройств внутри домена, а протоколы внешнедоменной маршрутизации используются для связи самих доменов. Их совместное использование задействуется для работы сети Интернет [1-2].

В ходе анализа открытых источников было выявлено, что наиболее популярными протоколами внутридоменной маршрутизации являются OSPF и EIGRP. При рассмотрении протокола EIGRP было обнаружено, что данный протокол имеет несколько преимуществ по сравнению с OSPF, а именно:

1. Используемый объем памяти меньше, так как хранится информация только о соседних маршрутизаторах;