

Литература:

1. The NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence. Exercises. – URL: <https://ccdcoe.org/exercises/> (дата обращения 03.11.2023).

2. На ПМЭФ впервые в России прошли международные киберучения. – URL: <https://www.securitylab.ru/news/532363.php> (дата обращения 03.11.2023).

3. Число киберпреступлений в России. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Число\\_киберпреступлений\\_в\\_России](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Число_киберпреступлений_в_России) (дата обращения 03.11.2023).

4. Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 05.07.2021. – № 27 (часть II). – Ст. 5351.

5. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Сценарный анализ угроз региональной безопасности в информационной сфере / Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XXII Международной конференции. Москва, декабрь 2014 г. – Москва: РГГУ, 2014. – С. 22-30.

6. Кульба В.В., Шульц В.Л., Шелков А.Б. Информационное управление. Часть 1: Концептуальные основы // Национальная безопасность/NotaVene. – 2009. – №3. – URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=56751](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=56751) (дата обращения 03.11.2023).

7. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально-экономических систем: в 2-х кн. / Под ред. В.Л. Шульца и В.В. Кульбы. – М.: Наука, 2012. Кн. 1. – 304 с., кн. 2. – 358 с.

---

DOI: 10.25728/iccss.2023.77.82.021

**Чернов И.В., Ермолаев Е.Д., Феоктистов С.В.**

**Выделение базисных режимов динамики факторов, влияющих на информационную безопасность Российской Федерации**

**Аннотация:** В данной работе представлен этап разработки методологии сценарного анализа в области

информационной безопасности. Рассмотрена графовая модель данной системы и найдены базисные режимы поведения выделенных факторов.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, графы, сценарный анализ, национальная безопасность, Жорданова форма, базисные режимы

В контексте теории управления, анализ матрицы смежности графа и ее Жорданова форма предоставляют эффективные инструменты для определения структуры системы взаимосвязей. Это позволяет выявить ключевые элементы и базисные режимы, что, в свою очередь, обеспечивает более глубокое понимание динамики системы. Такой анализ имеет непосредственное применение в разработке управляющих стратегий, оптимизации процессов и обеспечении устойчивости системы управления [1].

В рамках исследования национальной безопасности Российской Федерации ключевую роль играет рассмотрение аспекта информационной безопасности государства. В качестве метода исследования предлагается воспользоваться процедурами сценарного анализа.

Для применения методов сценарного анализа следует определить набор вершин (факторов), в которые можно вносить управляющие воздействия, приводящие к необходимому результату, а также характер этих воздействий.

На основе материалов [2-4] и экспертных знаний для определенных ниже факторов построена матрица смежности  $A$  (таблица 1), в которой представлена взаимосвязь факторов. Равенство  $a_{ij} = 1$  для элемента матрицы смежности подразумевает положительное влияние фактора  $i$  на фактор  $j$ . Соответственно, равенство  $a_{ij} = -1$  – отрицательное влияние фактора  $i$  на фактор  $j$ . Фактор  $i$  не оказывает влияние на фактор  $j$ , если  $a_{ij} = 0$ .

Также построен ориентированный граф (рисунок 1) в соответствии с матрицей смежности.

Таблица 1 – Матрица смежности

| <b>№ фактора</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> | <b>10</b> | <b>11</b> | <b>12</b> | <b>13</b> |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>1</b>         | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>2</b>         | 0        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0         | 1         | 0         | 0         |
| <b>3</b>         | 1        | 0        | 0        | 1        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         | 1         |
| <b>4</b>         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>5</b>         | 0        | 1        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>6</b>         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 1         | 0         |
| <b>7</b>         | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>8</b>         | 0        | 0        | -1       | 0        | 0        | -1       | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>9</b>         | -1       | 0        | 0        | -1       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>10</b>        | 0        | -1       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>11</b>        | 0        | 0        | 0        | 0        | -1       | 0        | -1       | 1        | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>12</b>        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | -1       | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>13</b>        | 0        | 0        | 0        | -1       | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 1         | 0         | 0         | 0         |

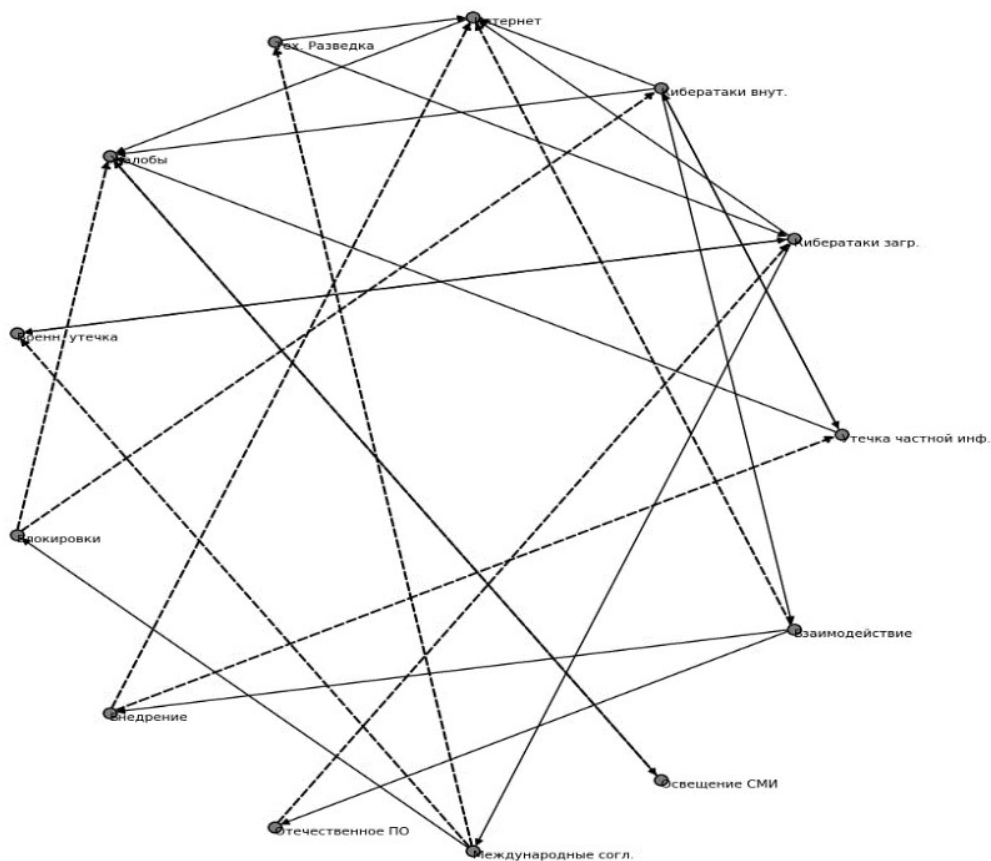


Рисунок 1 – Ориентированный граф

Для выделения базисных сценариев развития системы требуется построить Жорданову форму матрицы смежности  $A$  знакового графа.

Жорданова форма определяется собственными значениями  $\lambda_\xi$ , расположенными в жордановых клетках на главной диагонали матрицы. Данные числа могут принимать как действительные, так и мнимые значения, и описываются следующим соотношением:

$$\lambda_\xi = \mu_\xi \exp(i\varphi_\xi) = \mu_\xi (\cos \varphi_\xi + i \sin \varphi_\xi), \quad (1)$$

где  $i$  – мнимая единица,  $\mu_\xi$  – модуль, а  $\varphi_\xi$  – аргумент комплексного числа  $\lambda_\xi$ .

В соответствии с [5], можно выделить следующие типы базисных сценариев для динамической системы:

- сценарий резонансного развития:  $\mu_{\xi} > 1, \varphi_{\xi} = 0$  называемый РР-сценарием;
- сценарий сжимающего развития:  $\mu_{\xi} < 1, \varphi_{\xi} = 0$  называемый СР-сценарием;
- сценарием колеблющегося развития:  $\varphi_{\xi} \neq 0, \mu_{\xi} = 1$ , называемый КР-сценарием;
- сценарий резонансного колеблющегося развития (раскручивающаяся спираль):  $\mu_{\xi} > 1, \varphi_{\xi} \neq 0$ , называемый РК-сценарием;
- сценарий сжимающегося колеблющегося развития:  $\mu_{\xi} < 1, \varphi_{\xi} \neq 0$  называемый СК-сценарием;
- сценарий с чередованием только максимального и минимального значения:  $\lambda_{\xi} = -1$  называемый сценарием отражения;
- стационарный сценарий (СтР):  $\lambda_{\xi} = 0$ .

Для рассматриваемой модели было обнаружено 5 жордановых клеток (таблица 2). Факторы 10-13 (отечественное ПО, международные соглашения, освещение СМИ, взаимодействие) попадают в одну жорданову клетку с нулевым собственным значением, что означает их малую значимость в общем процессе формирования сценария развития при данной информационной инфраструктуре. Фактор 1 (утечка частной информации) предопределен как сценарий сжимающего (СР) развития, т.е. имеет тенденцию к насыщению. Он обладает самым большим по модулю значением 1.576 и, следовательно, является определяющим базисным режимом для данной инфраструктуры.

Далее идет группа комплексно-сопряженных жордановых клеток с сопряженными собственными значениями. Это вершины 2 (кибератаки зарубежные) и 3 (кибератаки внутренние), 4 (интернет) и 5 (технологическая разведка), 6 (жалобы) и 7 (военная утечка), 8 (блокировки) и 9 (внедрение).

Таблица 2 – Жорданова форма матрицы смежности

| Номер фактора | 1      | 2             | 3             | 4            | 5            | 6           | 7           | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---------------|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|---|----|----|----|----|----|
| 1             | -1.576 | 0             | 0             | 0            | 0            | 0           | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 2             | 0      | -0.854+0.586i | 0             | 0            | 0            | 0           | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 3             | 0      | 0             | -0.854-0.586i | 0            | 0            | 0           | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 4             | 0      | 0             | 0             | 0.821+0.948i | 0            | 0           | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 5             | 0      | 0             | 0             | 0            | 0.821-0.948i | 0           | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 6             | 0      | 0             | 0             | 0            | 0            | 0.821+0.28i | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 7             | 0      | 0             | 0             | 0            | 0            | 0           | 0.821-0.28i | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 8             | 0      | 0             | 0             | 0            | 0            | 0           | 0           | i | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 9             | 0      | 0             | 0             | 0            | 0            | 0           | 0           | 0 | -i | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 10            | 0      | 0             | 0             | 0            | 0            | 0           | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 11            | 0      | 0             | 0             | 0            | 0            | 0           | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 12            | 0      | 0             | 0             | 0            | 0            | 0           | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 13            | 0      | 0             | 0             | 0            | 0            | 0           | 0           | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

Выяснилось, что развитие вершин 2 (кибератаки зарубежные) и 3 (кибератаки внутренние) взаимообусловлено общим колебательным процессом с амплитудой 1.036 и фазами 2.540 и -2.540 соответственно. Базисный режим их совместного развития резонансный, но не являющийся главным для всей системы в целом.

Для вершин 4 (интернет) и 5 (технологическая разведка) имеет место аналогичный режим развития, однако характеристики этого развития другие, амплитуда 1.254 и фазы 0.857 и -0.857 соответственно.

Для вершин 6 (жалобы) и 7 (военная утечка) имеет место общий сжимающийся колеблющийся процесс с амплитудой 0.857 и фазами 0.329 и - 0.329 соответственно.

Для вершин 8 (блокировки) и 9 (внедрение) имеет место общий колебательный процесс с амплитудой 1 и фазами 1.570 и -1.570 соответственно.

В таблице 3 приведены режимы развития для соответствующих жордановых клеток.

Таблица 3 – Режимы развития

| №     | Собственное значение | $\mu_{\xi}$ | $\varphi_{\xi}$ | Тип сценария |
|-------|----------------------|-------------|-----------------|--------------|
| 1     | <b>-1,576</b>        | 1.576       | 3.142           | РК           |
| 2     | -0.854+0.586i        | 1.036       | 2.540           | РК           |
| 3     | -0.854-0.586i        | 1.036       | -2.540          | РК           |
| 4     | 0.821+0.948i         | 1.254       | 0.857           | РК           |
| 5     | 0.821-0.948i         | 1.254       | -0.857          | РК           |
| 6     | 0.821+0.28i          | 0.867       | 0.329           | СР           |
| 7     | 0.821-0.28i          | 0.867       | -0.329          | СР           |
| 8     | 1i                   | 1           | 1.570           | КР           |
| 9     | -1i                  | 1           | -1.570          | КР           |
| 10-13 | 0                    | 0           | 0               | СтР          |

При исследовании модели важно разбить сценарное пространство на подпространства, где параметры группируются в однородные сегменты. В каждой такой группе выделяется

уникальный тип сценария, а взаимосвязи между параметрами внутри группы становятся наиболее плотными.

Определение типов и параметров базовых режимов в каждой однородной группе играет ключевую роль в анализе. Этот процесс выявляет важнейшие характеристики развития системы, помогая выделить определяющие параметры, формирующие ее развитие.

Также, важным этапом является проведение анализа характеристик развития системы в целом по факторам. Это позволяет глубоко изучить воздействие каждого фактора на процесс общего развития, обогащая понимание системы в целом.

Используя данное представление модели, можно синтезировать управляющее воздействие, приводящее систему в целевое состояние, определенное объектом управления.

#### Литература:

1. Кононов Д.А., Косяченко С.А., Кульба В.В. Формирование и анализ сценариев развития социально-экономических систем с использованием аппарата операторных графов // Автоматика и телемеханика. – 2007. – № 1. – С. 121-136.

2. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Сценарный анализ угроз региональной безопасности в информационной сфере / Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XII Международной конференции. Москва, декабрь 2014 г. – Москва: РГГУ, 2014. – С. 22-30.

3. Кульба В.В., Шульц В.Л., Шелков А.Б. Информационное управление. Часть 1: Концептуальные основы // Национальная безопасность/NotaBene. – 2009. – №3. – URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=56751](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=56751) (дата обращения 03.11.2023).

4. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально-экономических систем: в 2-х кн. / Под ред. В.Л. Шульца и В.В. Кульбы. – М.: Наука, 2012. Кн. 1. – 304 с., кн. 2. – 358 с.

5. Чернов И. В. Сценарный анализ уязвимости при управлении сложными системами // Автоматика и телемеханика. – 2022. – № 5. – С. 133-147.