

## Методы поддержки принятия решений в деятельности органа исполнительной власти по обеспечению надежности ведомственной информационной среды

*Е.Г. Царькова*

*Федеральное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний», НИЦ-1, Москва*

**Аннотация:** В работе рассматривается модель управления надежностью сети передачи данных, используемой органом исполнительной власти для организации доступа к государственным информационным ресурсам. Описан процесс построения компьютерной модели системы для оценки коэффициента готовности. Построенная компьютерная модель обеспечивает возможность оценки надежности рассматриваемой системы в широком диапазоне параметров и может быть использована при проектировании, эксплуатации и модернизации информационно-телекоммуникационной сети организации для повышения ее надежности.

**Ключевые слова:** информационно-телекоммуникационная сеть, провайдер, маршрутизация, надёжность, государственный информационный ресурс.

Эффективность управления государством при осуществлении деятельности органов власти во многом определяется качеством информационного обеспечения, возможностью активного и всестороннего использования государственных информационных ресурсов [1, 2]. Особое место в информационном обеспечении деятельности органов власти и формировании информационной среды ведомства занимают сети передачи данных, высокая надежность которых является необходимым условием доступности государственных информационных ресурсов и сервисов, размещенных, в том числе, в сети Интернет. Для повышения надежности сети в учреждениях и органах власти рациональным решением является использование инструментов маршрутизации [3, 4]. В связи с этим вопросы построения моделей схемы ведомственной сети передачи данных, позволяющих оценивать и оптимизировать ее надежность при проектировании и определять пути модернизации при эксплуатации, рассматриваемые в тесной связи с современными технологиями, являются

актуальными и практически значимыми. В работе рассматриваются модели маршрутизации сети с одним и двумя Интернет-провайдерами [5–7].

С учетом возможности возникновения отказа в обслуживании со стороны провайдера в первом случае система может рассматриваться как система массового обслуживания с восстанавливаемым элементом (провайдером) с параметрами  $\lambda$  (интенсивность отказов) и  $\mu$  (интенсивность восстановления). Провайдер переходит из пассивного состояния (когда он не задействован сетью организации) в активное (задействованное) в процессе активации с интенсивностью  $\gamma$ . На рис. 1 представлена марковская модель работы системы со следующими состояниями: 0 – провайдер работоспособен и не задействован сетью организации, 1 – провайдер неработоспособен, 2 – провайдер находится в работоспособном и активном состоянии.

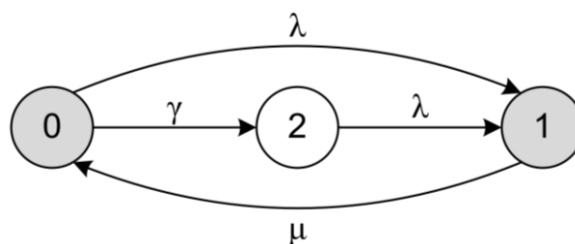


Рис. 1. – Граф состояний системы (случай использования одного провайдера)

Обозначим через  $P_0(t), P_1(t), P_2(t)$  значения вероятностей нахождения системы в момент времени  $t$  в состояниях 0,1,2, соответственно. Тогда процесс работы сети описывается системой дифференциальных уравнений Колмогорова для марковского процесса с непрерывным временем и дискретным набором состояний [8]:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -(\lambda + \gamma)P_0(t) + \mu P_1(t), \quad \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda P_0(t) - \mu P_1(t) + \lambda P_2(t), \quad (1)$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = \gamma P_0(t) - \lambda P_2(t), \quad P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) = 1, \quad t \in [0, T],$$

$$P_0(0) = 1, P_1(0) = 0, P_2(0) = 0.$$

Построим компьютерную модель надежности системы [9, 10]. Введем на отрезке  $[0, T]$  равномерную сетку с шагом  $\Delta t = T/q : \{t_i = \Delta t \cdot i, 0 \leq i \leq q\}$ , где  $q$  – количество точек разбиения отрезка,  $t_i$  – точки разбиения. Обозначим  $P_j^i = P_j(t_i)$ ,  $j = \overline{0, 2}, i = \overline{0, q}$ . Аппроксимируем производные с использованием формул Эйлера 1-го порядка точности:  $P_j(t^i) \approx \frac{P_j^{i+1} - P_j^i}{\Delta t}$ ,  $j = \overline{0, 2}, i = \overline{0, q-1}$ ,  $P_0^0 = 1$ ,  $P_j^0 = 0$ ,  $j = 1, 2$ . На рис. 2 приведены графики зависимости вероятностей состояний системы от времени при следующих значениях параметров:  $\lambda = 1/1440$  (отказ в обслуживании в среднем случается один раз в два месяца),  $\mu = 1$  (на восстановление подключения в среднем требуется 1 час),  $\gamma = 30$  (в среднем активация занимает 2 минуты),  $T = 1$ . Результаты получены в результате вычислений с использованием программного средства, реализованного в IDE Lazarus.

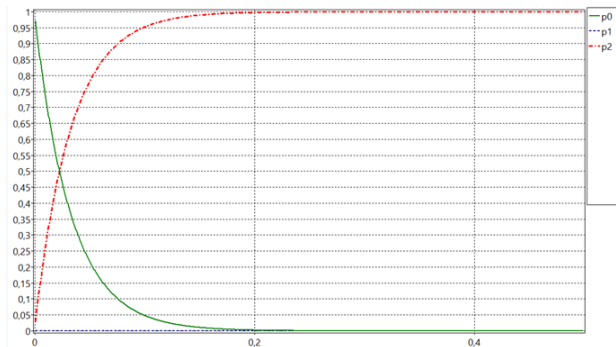


Рис. 2. – Графики  $P_0(t), P_1(t), P_2(t)$

Для расчета показателя надежности (стационарного коэффициента готовности системы) используем соотношение:  $K_{T \rightarrow \infty} = P_2(\infty)$ . В рассматриваемом случае получаем  $K_{T \rightarrow \infty} = 0,99972$ .

Рассмотрим далее модель управления системой маршрутизации с двумя провайдерами. Определим множество ее состояний: 0 – состояние

работоспособности обоих провайдеров, пассивных относительно сети организации, 1 – состояние работоспособности второго провайдера при неработоспособном первом, 2 – состояние работоспособности первого провайдера при неработоспособном втором, 3 – состояние работоспособности второго провайдера при неработоспособном первом провайдере, используем сеть в качестве основного, 4 – состояние работоспособности первого провайдера, используем сеть в качестве основного, при неработоспособном втором провайдере, 5 – состояние работоспособности обоих провайдеров, с использованием сетью второго провайдера в качестве основного, 6 – состояние работоспособности обоих провайдеров с использованием первого в качестве основного, 7 – состояние неработоспособности обоих провайдеров, 8 – состояние работоспособности обоих провайдеров, активных относительно сети организации. Размеченный граф состояний системы приведен на рис. 3.

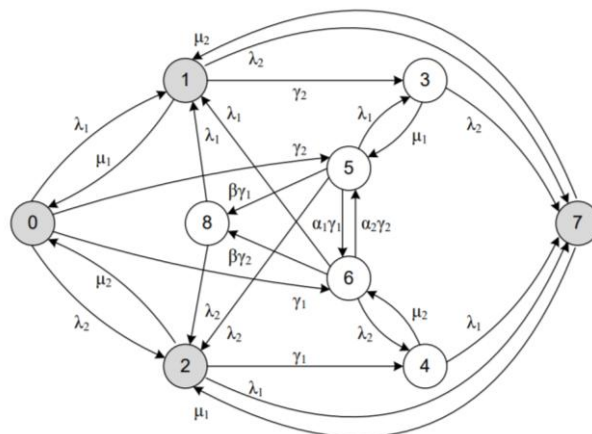


Рис. 3. – Граф состояний системы (случай использования двух провайдеров)

Обозначим через  $P_j(t), j = \overline{0,8}$ , вероятности нахождения системы в момент времени  $t$  в состояниях  $j$ , соответственно. Динамическая модель системы маршрутизации описывается системой уравнений Колмогорова

(системой дифференциальных уравнений для марковского процесса с непрерывным временем и дискретными состояниями) [8]:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -(\lambda_1 + \lambda_2 + \gamma_1 + \gamma_2)P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t), \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda_1 P_0(t) - (\mu_1 + \lambda_2 + \gamma_2)P_1(t) + \lambda_1 P_6(t) + \lambda_1 P_8(t) + \mu_2 P_7(t), \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= \lambda_2 P_0(t) - (\mu_2 + \lambda_1 + \gamma_1)P_2(t) + \lambda_2 P_5(t) + \lambda_2 P_8(t) + \mu_1 P_7(t), \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= \gamma_2 P_1(t) - (\mu_1 + \lambda_2)P_3(t) + \lambda_1 P_5(t), \quad \frac{dP_4(t)}{dt} = \gamma_1 P_2(t) - (\mu_2 + \lambda_1)P_4(t) + \lambda_2 P_6(t), \\ \frac{dP_5(t)}{dt} &= \gamma_2 P_0(t) + \mu_1 P_3(t) - (\lambda_1 + \lambda_2 + \gamma_1 + \gamma_2)P_5(t), \\ \frac{dP_6(t)}{dt} &= \gamma_1 P_0(t) + \mu_2 P_4(t) - (\lambda_1 + \lambda_2 + \gamma_2)P_6(t) + \gamma_1 P_5(t), \\ \frac{dP_7(t)}{dt} &= \lambda_2 P_1(t) + \lambda_1 P_2(t) + \lambda_2 P_3(t) + \lambda_1 P_4(t) - (\mu_1 + \mu_2)P_7(t), \\ \frac{dP_8(t)}{dt} &= \gamma_1 P_5(t) + \gamma_2 P_6(t) - (\lambda_1 + \lambda_2)P_8(t), \\ \sum_{j=0}^8 P_j(t) &= 1, \quad t \in [0, T], \quad P_0(0) = 1, \quad P_j(0) = 0, \quad j = \overline{1, 8}. \end{aligned} \tag{2}$$

Зададим следующие значения параметров:  $\lambda_1 = 1/1540$ ,  $\lambda_2 = 1/1750$ ,  $\mu_1 = 1, \mu_2 = 2$ ,  $\gamma_1 = 30$ ,  $\gamma_2 = 30$ . Графики траекторий, полученные численно с использованием схемы Эйлера 1-го порядка точности, используемой для дискретной аппроксимации соотношений (2), приведены на рис. 4.

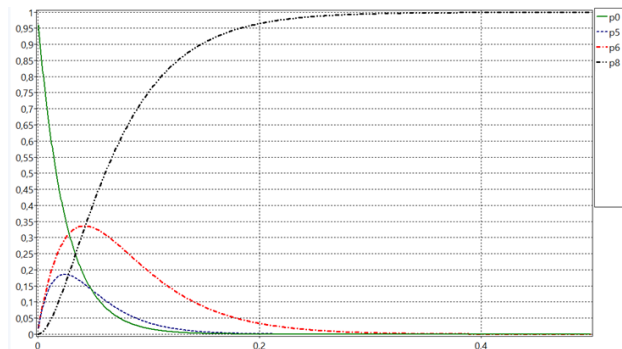


Рис. 4. – Графики  $P_0(t), P_5(t), P_6(t), P_8(t)$

Значение стационарного коэффициента готовности  $K_{Г\infty}$  определяется как сумма вероятностей событий, когда оба провайдера находятся в работоспособном и активном состоянии:  $K_{Г\infty} = P_3(\infty) + P_4(\infty) + P_5(\infty) + P_6(\infty) + P_8(\infty)$ . При выбранных значениях параметров приближенное значение стационарного коэффициента готовности равно  $K_{Г\infty} = 0,99993$ .

Таким образом, предложенные в работе модели позволяют оценивать коэффициент готовности схемы маршрутизации с одним и двумя провайдерами в широком диапазоне параметров. Разработанное программное средство служит средством автоматизации деятельности сотрудников органов исполнительной власти по обеспечению надежности сети передачи данных.

### Литература

1. Сумин В.И., Чураков Д.Ю., Царькова Е.Г. Разработка моделей и алгоритмов информационных структур и процессов объектов особой важности // Промышленные АСУ и контроллеры, 2019, № 4. С. 30-39.
  2. Омельченко В.В. Информационное обеспечение системы государственного управления национальными ресурсами: риск-ориентированный подход // Правовая информатика, 2019, № 1. С. 4-17.
  3. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. 512 с.
  4. Каяшев А.И., Рахман П.А., Шарипов М.И. Анализ показателей надежности локальных компьютерных сетей // Вестник УГАТУ, 2013, №5 (58). С. 140-149.
  5. Акользин Д.Н. Обзор методов повышения производительности программного обеспечения диспетчерского центра // Инженерный вестник Дона, 2021, №5. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_86\\_Akolzin.pdf\\_2394.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_86_Akolzin.pdf_2394.pdf).
-

6. Tsarkova E., Belyaev A., Lagutin Y., Matveev Y. Technical Diagnostics of Equipment Using Data Mining Technologies // Safety in Aviation and Space Technologies: Select Proceedings of the 9th World Congress «Aviation in the XXI Century». Cham: Springer, 2022. pp. 345-356. URL: [link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-85057-9\\_30](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-85057-9_30).

7. Игнатъева О.В. Архитектурные приемы при разработке программного обеспечения, зависящего от интерфейса пользователя // Инженерный вестник Дона, 2022, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7478](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7478).

8. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. 55 с.

9. Dushkin A.V., Kasatkina T.I., Novoseltsev V.I., Ivanov S.V. An improved method for predicting the evolution of the characteristic parameters of an information system // Journal of Physics: Conference Series, 2018. P. 012031. URL: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/973/1/012031/pdf](https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/973/1/012031/pdf).

10. Dubrovin A.S., Ogorodnikova O.V., Tsarkova E.G. Analysis and visualization in graph database management systems // Journal of Physics: Conference Series: Current Problems. Voronezh, 2021. P. 012059.

### References

1. Sumin V.I., CHurakov D.YU., Car'kova E.G. Promyshlennye ASU i kontrollery, 2019, № 4. pp. 30-39.

2. Omel'chenko V.V. Pravovaya informatika, 2019, № 1. pp. 4-17.

3. Vishnevskij V.M. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya komp'yuternyh setej [Theoretical foundations of computer network design]. М.: Tekhnosfera, 2003. 512 p.

4. Kayashev A. I., Rahman P. A., SHaripov M. I. Vestnik UGATU, 2013, №5 (58). pp. 140-149.



5. Akol'zin D.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №5. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_86\\_Akolzin.pdf\\_2394.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_86_Akolzin.pdf_2394.pdf).
6. Tsarkova E., Belyaev A., Lagutin Y., Matveev Y. Safety in Aviation and Space Technologies: Select Proceedings of the 9th World Congress «Aviation in the XXI Century». Cham: Springer, 2022. URL: [link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-85057-9\\_30](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-85057-9_30).
7. Ignat'eva O.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7478](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7478).
8. Ventcel' E.S. Issledovanie operacij [Operations research]. M.: Sovetskoe radio, 1972. 55 p.
9. Dushkin A.V., Kasatkina T.I., Novoseltsev V.I., Ivanov S.V. Journal of Physics: Conference Series. 2018, P. 012031. URL: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/973/1/012031/pdf](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/973/1/012031/pdf).
10. Dubrovin A.S., Ogorodnikova O.V. Tsarkova E.G. Journal of Physics: Conference Series: Current Problems. Voronezh, 2021. P. 012059.