



СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

УДК 004.942

DOI: 10.31799/2077-5687-2024-1-3-9

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА

М. В. Калашникова

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В настоящей статье рассматривали сетевую модель производственного процесса вантового моста для определения показателей степени чрезвычайных ситуаций. Перед построением сетевого графика разрабатывали перечень событий, которые определяли планируемый процесс и без которых он не может состояться. Затем продумывали работы, в результате которых все необходимые события должны произойти. Далее указывали, какие работы являются предшествующими, а какие — последующими.

Ключевые слова: процесс, вантовый мост, чрезвычайных ситуаций, сетевой график, события.

Для цитирования:

Калашникова, М. В. Разработка модели управления процессом обеспечения безопасности объекта / М. В. Калашникова // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 1(39). – с. 3 – 9. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-1-3-9.

DEVELOPMENT OF A MANAGEMENT MODEL FOR THE PROCESS OF ENSURING THE SAFETY OF THE FACILITY

M. V. Kalashnikova

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

In this article, we considered a network model of the cable-stayed bridge production process to determine the degree of emergency situations. Before building the network schedule, a list of events was developed that determined the planned process and without which it could not take place. Then they thought over the work, as a result of which all the necessary events should happen. Further, they indicated which works are previous and which are subsequent.

Keywords: process, cable-stayed bridge, emergency situations, network schedule, events.

For citation:

Kalashnikova, M. V. Development of a model for managing the process of ensuring the safety of the facility / M. V. Kalashnikova // System analysis and logistics. – 2024. – № 1(39). – p. 3 – 9. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-1-3-9.

Введение

Человек живёт, осуществляет все виды своей деятельности на основе модели. Модели формирует в результате социальной деятельности. Человек принимает решение на основе модели. Под моделью объекта будем понимать описание или представление объекта, соответствующее объекту и позволяющее получать характеристики об этом объекте. Поэтому решение – модель процесса, с которым работает человек.

Аксиоматический метод позволяет исключить противоречивые выводы, также стоит сказать, что в процессе деятельности участвуют: человек, его сознание, окружающий мир (объект), всеобщая связь явлений.

Для формирования условий, гарантирующих достижения цели деятельности, используется естественно-научный подход. Естественно-научный подход определяется интеграцией свойств Мышления человека, окружающего Мира и Познания [1, 2].

Цель работы: разработать модель управления процессом обеспечения безопасности вантового моста.

Задачи, которые необходимо выполнить для достижения поставленной цели:

1. Определить исходные данными для показателей степени чрезвычайных ситуации.
2. Определить список возможных проблем, которые могут возникнуть вследствие тех или иных действий и время, которое они требуют для создания угроз.



3. Отразим последовательность появления событий, приводящих к проблеме, в виде сетевой модели.

4. Проанализировать сетевой график.

Методы исследования: описание, сравнение, индукция, анализ, синтез, моделирование, расчеты

Исходными данными для определения показателей степени чрезвычайных ситуаций являются:

- анализ обеспечения безопасности, решений, направленных на предупреждение развития аварийных ситуаций, систем автоматического регулирования, блокировок, сигнализации и других средств обеспечения;
- анализ известных аварий на аналогичных объектах.

Возможные проблем, которые могут возникнуть вследствие тех или иных действий (Possible problems that may arise as a result of certain actions)

Перед построением сетевого графика разрабатывается перечень событий, которые определяют планируемый процесс и без которых он не может состояться. Затем продумываются работы, в результате которых все необходимые события должны произойти. Далее указывается, какие работы являются предшествующими по отношению к данной, а какие — последующими.

Исходя из перечня событий и работ, составляется сетевой график. Обычно сетевой график строится от исходного события к завершающему, слева направо. Исходному событию присваивается нулевой номер, завершающему событию — последний номер. Остальные события нумеруются так, чтобы номер предыдущего события был меньше номера последующего события.

Работа кодируется индексом, содержащим номера событий, между которыми она заключена. Свершение события зависит от окончания самой длительной из всех входящих, в него работ. Последовательные работы и события формируют пути (цепочки), которые ведут от исходного к завершающему событию [3, 4].

Для составления сетевой модели проявления проблем нужно определить список возможных проблем, которые могут возникнуть вследствие тех или иных действий и время, которое они требуют для создания угроз. Перечень событий появления проблемы представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень событий появления проблемы

Обозначение	Наименование событий
a_0	Проявление угрозы
a_1	Фактор, связанный с ресурсами, проявления угрозы
a_2	Конструктивный фактор проявления угрозы
a_3	Факторы проявления угрозы, связанные с функционированием объекта
a_4	Повреждение электроснабжения моста
a_5	Финансирование объекта
a_6	Высокая нагрузка в виде машин на мост
a_7	Повреждение балки жёсткости
a_8	Неисправность шарнирной подвижной опорной части
a_9	Повреждение пилонов
a_{10}	Нарушение в креплениях вантов
a_{11}	Нерациональное распределение трудовых ресурсов
a_{12}	Некомпетентность обслуживающего персонала
a_{13}	Несоблюдение (нарушение) графика осмотра, технического обслуживания, требований технической документации
a_{14}	Выход из стоя основных элементов оборудования
a_{15}	Факт возникновения угрозы



Работы, связывающие события появления проблемы, указаны в таблице 2 с указанием их последовательности, времени выполнения работ и количества проблем, возникающих при каждой из них [5].

Таблица 2 – Перечень работ, связывающих события появления проблемы

Обозначение работ	Наименование работ	Время выполнения работ, ч	Предшествующие работы	Последующие работы
A ₀₋₁	Начало развития аварии, связанной с экономическим фактором проявления угрозы	2	-	A ₁₋₄ , A ₁₋₅ A ₁₋₆
A ₀₋₂	Начало развития аварии, связанной с технико-технологическим фактором проявления угрозы	7	-	A ₂₋₇ , A ₂₋₈ A ₂₋₉ , A ₂₋₁₀
A ₀₋₃	Начало развития аварии, связанной с проявления угрозы, связанные с функционированием объекта	1	-	A ₃₋₁₁ A ₃₋₁₂
A ₁₋₄	Прекращение подачи электроэнергии, изменение (повышения/снижения напряжения)	1	A ₀₋₁	A ₄₋₁₅
A ₁₋₅	Недостаточное финансирование/неправильное распределение средств	10	A ₀₋₁	A ₅₋₁₅
A ₁₋₆	Чрезмерная нагрузка машин.	2	A ₀₋₁	A ₆₋₁₅
A ₂₋₇	Чрезмерная нагрузка на балку жёсткости, повреждение балки жёсткости	4	A ₀₋₂	A ₇₋₁₃
A ₂₋₈	Неисправность шарнирной подвижной опорной части, повреждение шарнирной подвижной опорной части	1	A ₀₋₂	A ₈₋₁₃
A ₂₋₉	Повреждение пилонов нарушение стойкости конструкции	4	A ₀₋₂	A ₉₋₁₃
A ₂₋₁₀	Изнашивание вантов, нарушение в креплении вантов к пилонам	6	A ₀₋₂	A ₁₀₋₁₃
A ₃₋₁₁	Ошибки операторов	1	A ₀₋₃	A ₁₁₋₁₅
A ₃₋₁₂	Ошибки в наладке оборудования, ненадежное подключение/ремонт оборудования	2	A ₀₋₃	A ₁₂₋₁₄
A ₇₋₁₃	Деформация балки жесткости	6	A ₂₋₇	A ₁₃₋₁₅
A ₈₋₁₃	Изнашивание оборудования	1	A ₂₋₈	A ₁₃₋₁₅
A ₉₋₁₃	Изнашивание оборудования	1	A ₂₋₉	A ₁₃₋₁₅
A ₁₀₋₁₃	Повреждение креплений вантов	4	A ₂₋₁₀	A ₁₃₋₁₅
A ₁₁₋₁₅	Авария с воздействием на людей и оборудование	4	A ₃₋₁₁	-
A ₁₂₋₁₄	Изнашивание оборудования	2	A ₃₋₁₂	-
A ₄₋₁₅	Простой производства, повреждение конструкции объекта	1	A ₁₋₄	-
A ₅₋₁₅	Выход из строя элементов оборудования, нехватка обслуживающего персонала	1	A ₁₋₅	-
A ₆₋₁₅	Выход из строя элементов оборудования, повреждение конструкции объекта	2	A ₁₋₆	-



Продолжение Таблицы 2

Обозначение работ	Наименование работ	Время выполнения работ, ч	Предшествующие работы	Последующие работы
A ₁₃₋₁₅	Выход из строя элементов оборудования	3	A ₇₋₁₃ , A ₈₋₁₃ A ₉₋₁₃ A ₁₀₋₁₃	-
A ₁₄₋₁₅	Выход из строя элементов оборудования, разрушение конструкции, прекращения (не полное прекращение) работы объекта	4	A ₁₂₋₁₄	-

Отразим последовательность появления событий, приводящих к проблеме, в виде сетевой модели, представленной на рисунке 1.

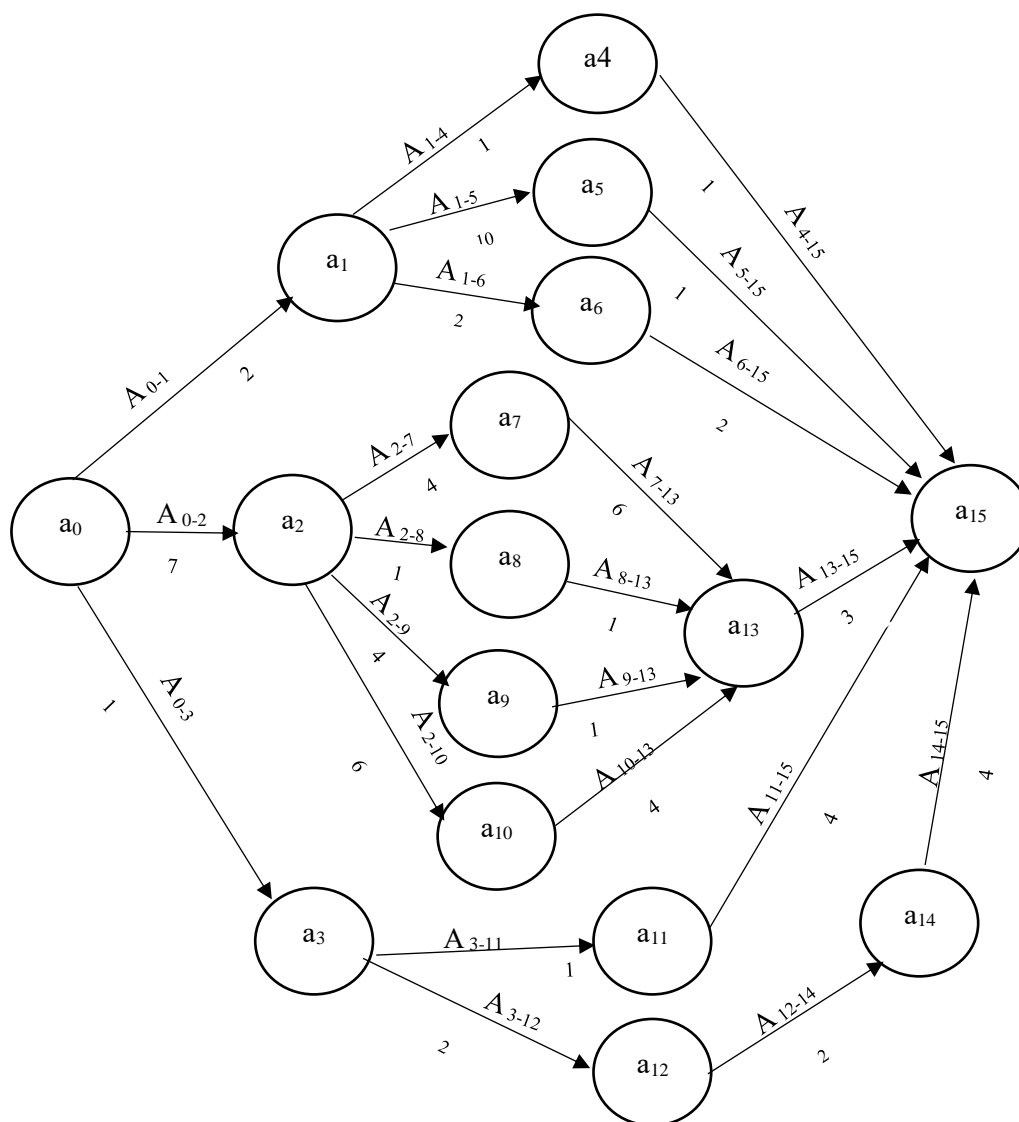


Рис. 1. Сетевая модель появления проблемы



Анализ сетевого графика (Network graph analysis)

Анализ сетевого графика необходим для того, чтобы выявить резервы времени работ, которые лежат на ненапряженных путях. Выявленные резервы направляются на работы, которые лежат на критическом пути, а тот, в свою очередь, лимитирует срок завершения работы в целом. Таким образом, возможно достичь сокращение времени выполнения критических работ, а значит, и всей операции.

Основными параметрами сетевого графика являются сроки свершения события и их временные резервы, среди которых:

Наиболее раннее возможное время наступления j -го события $T_p(j)$, вычисляемое по формуле 1.

$$T_p(j) = \max_{i \in j} (T_p(i) + t_{ij}) \quad (1)$$

где символами i и j обозначаются номера предшествующего и последующего событий соответственно;

t_{ij} – продолжительность (i, j) -й работы.

Обозначение $i \subset j$ показывает, что событие i предшествует событию j .

Необходимо выявить самый длинный путь по времени в сетевом графике от исходного до завершающего события, поскольку любая задержка в работах на таком пути увеличивает время всего процесса. Такой путь называют критическим, т.е. иными словами, критический путь – это полный путь, на котором суммарная продолжительность работ является максимальной.

Длина критического пути равна раннему сроку свершения завершающего события $T_{kr} = T_p(15) = 20$.

События, через которые проходит критический путь, и работы, лежащие на критических путях, называются напряженными.

При анализе сетевого графика необходимо определить критические пути и критические работы. Признаком последних является то, что у них резервы времени (полные и свободные) равны нулю. Критический путь рассчитывается путем определения работ, полные резервы которых равны нулю.

Самое позднее допустимое время наступления i -ого события вычисляется по формуле

$$T_{\Pi}(i) = \min_{i \supset j} (T_{\Pi}(j) - t_{ij}) \quad (2)$$

где символами i и j обозначаются номера предшествующего и последующего событий соответственно;

t_{ij} — продолжительность (i, j) -й работы.

Обозначение $i \subset j$ показывает, что событие i предшествует событию j .

Резерв времени данного события R_i вычисляется по формуле 3:

$$R_i = T_{\Pi}(i) - T_p(i) \quad (3)$$

где символами i и j обозначаются номера предшествующего и последующего событий соответственно;

t_{ij} — продолжительность (i, j) -й работы.

Обозначение $i \subset j$ показывает, что событие i предшествует событию j .

Полный резерв времени работы вычисляется по формуле 4:

$$r_{ij}^{\Pi} = T_{\Pi}(j) - T_p(i) - t_{ij} \quad (4)$$



где символами i и j обозначаются номера предшествующего и последующего событий соответственно;

t_{ij} — продолжительность (i, j) -й работы.

Обозначение $i \subset j$ показывает, что событие i предшествует событию j .

Смысл полного резерва времени работы заключается в том, что задержка в выполнении работы (i, j) на величину $\Delta t_{ij} > r_{ij}^{\Pi}$ приводит к задержке в наступлении завершающего события на величину $\Delta t_{ij} - r_{ij}^{\Pi}$.

При анализе сетевого графика необходимо определить величину, которая показывала бы, на какой срок в сумме может быть увеличена продолжительность всех работ этого пути без изменения срока выполнения операции в целом. Такой величиной является Полный резерв времени ненапряженного пути.

Полный резерв времени ненапряженного пути — это резерв времени ненапряженных событий и работ, т. е. тех, которые лежат не на критическом пути.

Далее необходимо определить пересекаются ли напряженный и критический пути. В случае, если ненапряженный и критический пути не пересекаются, полный резерв времени ненапряженного пути равен разности между его длиной и длиной критического пути (во временной мере). Если ненапряженный и критический пути пересекаются, полный резерв времени равен самому длительному участку ненапряженного пути, заключенному между соответствующими парами событий критического пути.

Свободный резерв времени каждого события вычисляется по формуле 5:

$$r_{ij}^C = T_p(j) - T_{\Pi}(i) - t_{ij} \quad (5)$$

Свободное время, каждого события по проведенным расчетом равно нулю [1, 6].

Заключение

В данной работе разработать модель управления процессом обеспечения безопасности вантового моста. В результате анализа сетевой модели, выявлены критические пути, которые имеют 3 интервала:

1. Начало развития аварии, связанной с экономическим фактором проявления угрозы.
2. Недостаточное финансирование/неправильное распределение средств.
3. Выход из строя элементов оборудования, нехватка обслуживающего персонала.

Определили время продолжительность критического пути исходя из модели управления процессом обеспечения безопасности вантового моста, которое составило 13 часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлов В. Г. Основы моделирования социально-экономических и политических процессов (Методология. Методы) / Бурлов В. Г. – СПб: Факультет Комплексной Безопасности, СПбГПУ, 2007 г. – 265 с.
2. Бурлов В. Г. Математические методы моделирования в экономике. Часть 1 / Бурлов В. Г. – СПб. СПбГПУ, Факультет безопасности, НП «Стратегия будущего», 2007. – 330 с.
3. Stroyone.com: Характеристики моста [Электронный ресурс]. – URL: <https://stroyone.com/bridge/cable-stayed-bridge/vantovyj-bolshoj-obuxovskij-most-cherez-reku-nevu.html> (дата обращения: 20.10.2023)
4. Burlov V. G. Development of a model for social system management in the construction process taking into account manager's qualification / V. G. Burlov, A. M. Grobitski // Humanities&Science University Journal. – 2015. – № 15. – P. 45-57.
5. Википедия: Большой Обуховский мост [Электронный ресурс]: – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_Обуховский_мост (дата обращения: 24.10.2023)



6. Burlov V. G. Development of a model for social system management in the construction process taking into account manager's qualification / V. G. Burlov, A. M. Grobitski // Humanities&Science University Journal. – 2015. – № 15. – P. 45-57.
7. Burlov V.G. Construction management in terms of indicator of the successfully fulfilled production task / V. G. Burlov, A. M. Grobitski, A. M. Grobitskaya // Magazine of Civil Engineering. – 2016. – № 3. – P. 77–91. doi: 10.5862/MCE.63.5.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Калашникова Мария Владимировна –

Ассистент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: mgovor42@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kalashnikova Maria Vladimirovna –

Assistant of the Department of Metrological Support of Innovative Technologies and Industrial Safety

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: mgovor42@gmail.com