

УДК 629.039.58

## АВТОМАТНО-ЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

© В.И. Левин

Ключевые слова: безопасность, среда, факторы, моделирование, автомат, булева функция.

Предложена автоматно-логическая модель безопасности окружающей среды. В ней зависимость состояния  $u$  (безопасное:  $u = 0$ , опасное:  $u = 1$ ) среды от аналогичных состояний отдельных ее факторов  $x_i$  описывается булевой функцией  $u = f(x_i)$ . Известны процессы  $x_i(t)$ , где  $t$  – время. Требуется найти процесс  $y(t)$ . Дается аналитическое решение с использованием логической теории динамических автоматов.

Для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека в окружающей среде или на производстве надо уметь оценивать эту безопасность количественно. Имеется большое число факторов, влияющих на безопасность жизнедеятельности человека. Это загрязнение воздуха промышленными выбросами (диоксид серы, диоксид азота, окислы углерода, метан, пыль и т. д.), загрязнение воды вследствие сброса сточных вод (органические отходы – фосфорные и азотистые соединения, тяжелые металлы – ртуть, кадмий, свинец, а также радиоактивные стоки), загрязнение почвы, использование продуктов, выращенных с помощью удобрений (нитратов, пестицидов, гербицидов), воздействие звука, ультразвука и инфразвука, активность электромагнитных и электростатических полей, вибрация грунтов и оборудования, перенаселенность городов и т. д. Обычно устанавливают предельно допустимый уровень по каждому фактору. При этом оценка безопасности жизнедеятельности производится сравнением этого уровня с фактически действующим уровнем фактора. Однако такая раздельная оценка влияния различных факторов слишком неточна, так как сочетание различных факторов приводит к усилению или ослаблению их действия (например, контакт различных загрязнителей может привести к образованию новых соединений, гораздо более, либо, напротив, менее опасных для человека). Удобным средством математического моделирования совместного действия различных факторов среды или производства на безопасность жизнедеятельности человека является логическая теория конечных автоматов.

Поставим в соответствие опасному (безопасному) уровню действующих факторов  $x, y, \dots, z$  значение 1(0) и аналогично для опасного (безопасного) состояния среды  $u$ . Будем считать, что значение переменной  $u$  полностью определяется значениями переменных  $x, y, \dots, z$ . Тогда их зависимость можно записать в виде булевой логической функции состояния среды (состояния производства)

$$u = f(x, y, \dots, z), \quad u, x, y, z \in \{0,1\}. \quad (1)$$

Логическая функция (1) есть математическая модель безопасности среды. Этой функции соответствует реализующий ее автомат без памяти. С помощью модели (1), используя логические методы теории автоматов, можно решать следующие задачи:

1) расчет мгновенного состояния среды (производства)  $u$  по известным уровням факторов  $x, y, \dots, z$  в тот же момент времени;

2) расчет динамики состояния среды (производства)  $u(t)$  по известной динамике уровней факторов  $x(t), y(t), \dots, z(t)$ ;

3) анализ относительного влияния различных факторов  $x, y, \dots, z$  на безопасность среды (производства)  $u$ .

4) синтез среды, т. е. нахождение всех комбинаций опасных и безопасных значений различных факторов  $x, y, \dots, z$ , которым соответствует опасное состояние среды или производства  $u$ .

Задачи 1, 3, 4 решаются общепринятыми методами расчета, анализа и синтеза автоматов без памяти, путем совершения логических операций над булевыми логическими функциями (1) этих автоматов. Для задачи 1 – это операция вычисления функции  $u = f(x, y, \dots, z)$  по заданным значениям аргументов  $x, y, \dots, z$ , для задачи 3 – операция определения степени влияния аргументов  $x, y, \dots, z$  на функцию  $u = f(x, y, \dots, z)$ , а для задачи 4 – это операция нахождения всех единичных наборов аргументов данной функции [1] (т. е. наборов значений  $x, y, \dots, z$ , на которых  $f(x, y, \dots, z) = 1$ ).

Задача 2 нахождения динамического процесса  $u(t)$  изменения состояния среды или производства по заданным процессам  $x(t), y(t), \dots, z(t)$  изменения уровня действующих факторов и функции состояния среды (1), на основании построенной логико-автоматной модели среды, переходит в такую задачу динамической теории автоматов [2–4]. Имеется асинхронная комбинационная схема динамического автомата без памяти, реализующая логическую функцию (1), с известными входными процессами  $x(t), y(t), \dots, z(t)$ . Требуется найти

выходной процесс схемы  $u(t)$ . Эту задачу проще всего решить методом подстановок [2–4].

Рассмотрим в качестве примера некоторую среду с двумя действующими факторами 1 и 2. Состояние среды является опасным, если один из двух факторов достиг опасного уровня. Однако совместное действие обоих факторов, даже при их опасном уровне, приводит к ослаблению их влияния и делает состояние среды безопасным. Факторы 1 и 2 достигают опасного уровня соответственно на интервалах времени  $(a, b)$  и  $(c, d)$ . Требуется определить динамику изменения состояния среды.

По условию задачи есть лишь две комбинации состояний факторов, которым соответствует опасное состояние среды:

- 1) фактор 1 достиг опасного уровня, а фактор 2 – нет;
- 2) фактор 2 достиг опасного уровня, а фактор 1 – нет.

Этому условию соответствует булева логическая функция состояния среды в виде дизъюнктивной нормальной формы – дизъюнкции двух конъюнкций

$$u = x\bar{y} \vee \bar{x}y. \quad (2)$$

В данном выражении  $x, y = 1(0)$  означает опасный (безопасный) уровень факторов 1 и 2,  $u = 1(0)$  – опасное (безопасное) состояние среды,  $\bar{x}, \bar{y}$  – отрицания  $x, y$ . Функцию (2), с учетом законов алгебры логики [1–4], представим в более простой форме:

$$u = x \oplus y, \quad (3)$$

где  $\oplus$  – логическая операция «сумма по модулю 2». Выражению (3) соответствует модель динамического поведения состояния среды в виде логического элемента – сумматора по модулю 2, имеющего два входа  $x, y$  и один выход  $u$  и реализующего на выходе функцию  $\oplus$  входов.

Вычислим выходной процесс  $u(t)$  элемента модели, моделирующий изменение во времени состояния среды. Входные процессы элемента, моделирующие изменение во времени уровня действующих факторов, имеют по условиям задачи вид единичных импульсов в соответствующих временных интервалах

$$x(t) = 1(a, b), \quad y(t) = 1(c, d). \quad (4)$$

Тогда, по формулам динамической теории автоматов [2–4], искомый выходной процесс элемента модели, т.е. процесс изменения состояния среды

$$u(t) = x(t) \oplus y(t) = 1(ac, ad \vee bc)0(-, -)1(a \vee c \vee bd, b \vee d). \quad (5)$$

В выражении (5)  $1(A, B)$  – единичные импульсы в соответствующих временных интервалах,  $0(-, -)$  – промежуточная пауза,  $\vee = \max$  – дизъюнкция непрерывной логики, знак  $\wedge$  конъюнкции этой логики  $\wedge = \min$  для простоты опущен. Согласно (5), в общем случае имеется два временных интервала, в которых состояние среды опасное. Они даются 1-й и 3-й скобками выражения (5). В остальных интервалах состояние среды безопасное.

Пусть, например, изменение во времени уровня действующих факторов (4) таково, что  $a = 10, b = 30, c = 20, d = 40$ . Определив по формуле (5)  $ac = 10 \wedge 20 = 10, ad \vee bc = (10 \wedge 40) \vee (30 \wedge 20) = 20, a \vee c \vee (b \wedge d) = 10 \vee 20 \vee (30 \wedge 40) = 30, b \vee d = 30 \vee 40 = 40$ , получим процесс изменения состояния среды  $u(t) = 1(10, 20)0(-, -)1(30, 40)$ . Таким образом, здесь в интервалах  $(10, 20)$  и  $(30, 40)$  состояние среды опасное, а в остальных интервалах оно безопасное.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Поспелов Д.А.* Логические методы анализа и синтеза схем. М.: Энергия, 1974.
2. *Левин В.И.* Введение в динамическую теорию конечных автоматов. Рига: Зинатне, 1975.
3. *Левин В.И.* Динамика логических устройств и систем. М.: Энергия, 1980.
4. *Левин В.И.* Теория динамических автоматов. Пенза: Изд-во Пензен. гос. техн. ун-та, 1995.

Поступила в редакцию 21 сентября 2008 г.

Levin V.I. Automatic-logical modelling of environment safety. An automatic-logical model of environment safety is proposed. It supposes that dependence of the state  $u$  (safe:  $u = 0$ , unsafe:  $u = 1$ ) of the environment on similar states of its certain factors  $x_i$  is described as Boolean function  $u = f(x_i)$ . Processes  $x_i(t)$  are known, where  $t$  – time. It is necessary to find process  $y(t)$ . Analytical solution using logical theory of dynamic automatic machines is given.

Key words: safety, environment, factors, modelling, automatic machine, Boolean function

## LITERATURE

1. *Pospelov D.A.* Logical methods of analysis and scheme synthesis. M.: Energiya, 1974.
2. *Levin V.I.* Introduction to dynamic theory of finite automation. Riga: Zinatne, 1975.
3. *Levin V.I.* Dynamics of logical devices and systems. M.: Energiya, 1980.
4. *Levin V.I.* Theory of dynamic automation. Penza: The Publishing House of Penza State Technical University, 1995.