



РАЗРАБОТКА МАТРИЦЫ И АЛГОРИТМА ОТБОРА СЛУЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХ ТРЕНАЖЕРОВ

DEVELOPMENT OF A MATRIX AND ALGORITHM SELECTION OF RANDOM SITUATIONS FOR TRAINING SIMULATORS

*Victor NORDIN, Andrey UZHGA
Immanuel Kant Baltic Federal University Kaliningrad*

Резюме:

Использование обучающих тренажеров для обучения специалистов требует применения оптимальных методик, позволяющих за наиболее короткий срок максимально качественно обучить и проверить уровень знаний специалиста. В статье описана разработка одной из наиболее эффективных методик использования обучающих тренажеров: матрица случайных ситуаций, суть которой заключается в генерировании случайной учебной задачи, а также метод исследования надежности производственных систем, базирующийся на их аналогии с техническими системами.

Abstract:

Expert systems can be defined as computer programs, whose main task is to simulate a human expert, usually in a narrow field of expertise. Possible applications of modern information technology are very extensive, ranging from medicine, geology and technology to applications in the field of economic and financial decision support. The purpose of this paper is to present the practical application of an expert system that supports the process of managing the production of yachts and has a high suitability for use in this application. Using the expert system described in the paper reduces the time during the design and production preparation process.

Ключевые слова: *тренажеры, подготовка специалистов, технические системы*

Key words: *expert systems, information technologies, production of yacht*

ВВЕДЕНИЕ

Необходимым элементом производственной деятельности является обучение специалистов. Оно оказывает большое влияние на уровень производственных систем, т.к. даже при максимальном уровне автоматизации производства антропогенный фактор является решающим в вопросах безопасности и эффективности производственных систем. Это говорит о необходимости постоянного контроля уровня знаний специалистов, а также обучения и повышения их квалификации. Эффективным инструментом для этого являются обучающие тренажеры, возможности которых можно раскрыть в полной мере только оптимизировав их применение на всех этапах. Методом оптимизации использования тренажеров в качестве инструмента проверки знаний обучаемого является применение в алгоритмах функционирования тренажеров матриц случайных ситуаций. Такой метод подготовки позволит наиболее эффективно проверить навыки обучаемого работника, а также может быть использован в качестве их аттестации на конкретных рабочих местах [1]. При этом любая из заложенных программой обучения учебных задач (ситуаций) может быть смоделирована

случайным образом, что максимально приближает моделируемые условия к реальной производственной обстановке.

Целесообразность внедрения, а также результаты применения обучающих тренажеров вытекают из необходимости обеспечения надежности производственных систем.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Любые ошибки, сбои в производственных системах, в том числе и влияющие на безопасность для работников и окружающей среды, можно считать факторами снижения надежности технической системы, элементы которой соединены между собой различными способами. Они непосредственно влияют на характер и степень связи элементов, а также на работоспособность всей системы.

Рассмотрим кадровую подсистему, элементами в которой будут работники предприятия. Тогда с надежностью следует связать качество выполнения функциональных обязанностей специалистом, от которого в той или иной степени будет зависеть работа всего предприятия в целом.

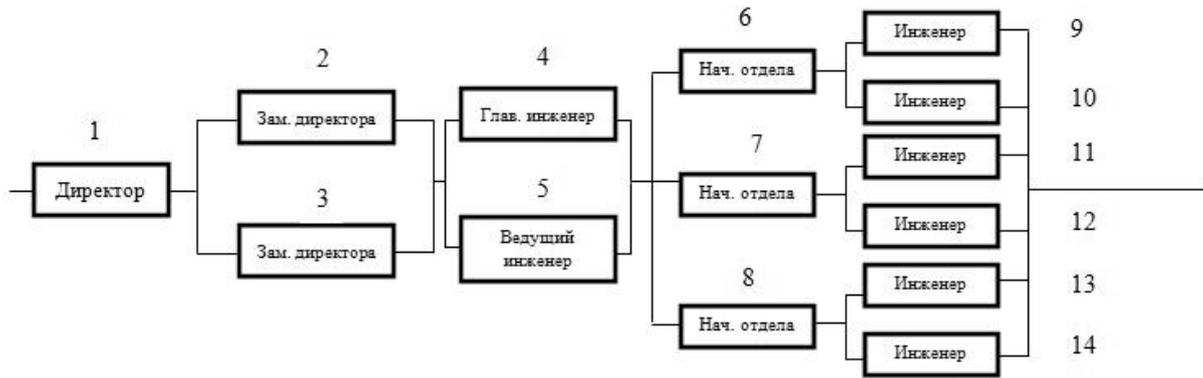


Рис. 1 Структура управления предприятия

По аналогии с технической системой при анализе кадровой подсистемы предприятия целесообразно воспользоваться следующим планом:

- Анализ предприятия и функций, выполняемых каждым его сотрудником.
- Формирование понятия «надежность» для данного производства.
- Определение потенциальных ошибок, допускаемых сотрудниками с соответствующими вероятностями, зависящими от их квалификации.
- Оценка влияния этих ошибок на надежность и безопасность производства.

Составление структурно-логической схемы – модели связей кадровой подсистемы предприятия. При этом характер связей между сотрудниками (элементами) и структурными подразделениями показывает влияние их ошибок на надежность и безопасность всего предприятия.

Составление расчетных зависимостей для определения вероятности снижения надежности и безопасности производства, используя данные о вероятностях совершения ошибок сотрудниками.

Используя иерархическую кадровую структуру и данные о характеристиках сотрудников, можно оценить вероятность обеспечения надежной и безопасной работы на производстве в целом, а также на отдельных его участках. Расчетные зависимости могут быть получены по аналогии с теорией надежности технических систем [2], для которых при последовательном и параллельном соединениях элементов надежность определяется соответственно из следующих выражений:

$$P_c(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t)$$

$$P_c(t) = 1 - Q_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^n Q_i(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P_i(t)]$$

где:

$P_c(t)$ – надежность системы;

P_i – вероятность безотказной работы i -го элемента;

Q_i – вероятность отказа i -го элемента.

Рассмотрим фрагмент возможной структуры управления предприятия (рис. 1)

Очевидно, вероятность не совершения ошибочных действий сотрудником должна быть оценена с учетом его квалификации, стажа работы на данном рабочем месте, данных об аттестации и наличии лицензий, удостоверений и т.д., возраста и состояния здоровья. Согласно этим соображениям, предлагается определять

для каждого работника коэффициент вероятности не совершения ошибки K_{oi} :

$$K_{oi} = 0,95 - K_{кв} - K_{ст} - K_{ат} - K_{возр} - K_{зд}$$

где:

$K_{кв}$, $K_{ст}$, $K_{ат}$, $K_{возр}$, $K_{зд}$ – соответственно коэффициенты, оценивающие квалификацию (табл. 1), стаж работы (табл. 2), данных об аттестации и наличии лицензий, удостоверений и т.д. (табл. 3), возраст (табл. 4) и состояние здоровья (табл. 5).

В таблицах приведены предварительные значения коэффициентов учета приведенных факторов.

Таблица 1
Квалификация сотрудника

Разряд	1	2	3	4	5	6
Ккв	0,20	0,15	0,1	0,05	0,03	0

Таблица 2
Стаж работы сотрудника на данной должности

Стаж работы, лет	менее 1	1-3	4-7	более 8
Кст	0,11	0,09	0,07	0

Таблица 3
Результат последней аттестации сотрудника

Результат последней аттестации	1	2	3	4	5
Кат	0,25	0,20	0,15	0,1	0

Таблица 4
Возраст сотрудника

Возраст, лет	до 22	23-30	31-45	46-60	более 60
Квозр	0,13	0,1	0	0,05	0,08

Таблица 5
Состояние здоровья сотрудника

Состояние здоровья	1	2	3	4	5
Кзд	0,25	0,20	0,15	0,1	0

K_{oi} можно сопоставить с вероятностью безотказной работы элемента технической системы. Для кадровой подсистемы, представленной на рис. 1, в соответствии с правилами определения надежности систем с комбинированными связями элементов [2], получим следующую расчетную формулу вероятности надежной работы:

$$P_6 = K_{o1} [1 - (1 - K_{o2})(1 - K_{o3})] \cdot [1 - (1 - K_{o4})(1 - K_{o5})] \cdot [1 - (1 - K_{o6}(1 - (1 - K_{o9})(1 - K_{o10}))) \cdot (1 - K_{o7}(1 - (1 - K_{o11})(1 - K_{o12}))) \cdot (1 - K_{o8}(1 - (1 - K_{o13})(1 - K_{o14})))]]$$

Одним из эффективных компонентов надежности и безопасности работы производственных систем является необходимость постоянного повышения квалификации и компетентности сотрудников, что подчеркивает необходимость внедрения максимально эффективных средств обучения.

Процесс обучения подразумевает собой получение или углубление необходимых знаний и навыков для наиболее качественного выполнения профессиональных обязанностей [3]. Для этого необходимо выполнение следующих условий:

- соответствие вида обучающей системы специфике предприятия (например, для слесаря больше подошел бы натурный тренажер, нежели тренажер-имитатор, который был бы эффективнее для обучения технолога);
- дружественный интерфейс обучающей системы;
- соответствие объема информации курса обучения требованиям нормативной документации (не имеет смысла перегружать курс подготовки информацией, которая не пригодится специалисту для выполнения его профессиональных обязанностей, или не сможет быть воспринята ввиду его недостаточной компетенции).

Также необходимо четко распланировать обучающий процесс поэтапно для более детальной его организации, разбив все поле профессиональной деятельности специалистов на отдельные эпизоды.

Выполнение перечисленных условий при использовании учебных тренажеров будет способствовать значительному снижению вероятности совершения ошибок в процессе работы.

МАТРИЦА СЛУЧАЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Особое внимание при разработке обучающих тренажерных комплексов следует уделить проверке получаемых специалистом знаний. Максимально эффективным методом проверки является комплексное тестирование всех необходимых знаний и навыков специалиста, которое позволит объективно оценить его теоретические и практические навыки в совокупности.

Такой результат возможен только в случае, если решаемая задача будет носить непредсказуемый характер, что будет полностью соответствовать реальному производству. С этой целью становится необходимой разработка матрицы и алгоритма случайного формирования учебной задачи. Матрица будет представлять собой таблицу данных, содержащих в себе информацию о технологических операциях, связанных с ними производственных задачах и их порядковый номер. Алгоритм формирования учебной задачи должен носить случайный характер, достигаемый путем выборки порядковых номеров производственных задач посредством генератора случайных чисел, а также выборки случайного сочетания параметров процесса данной учебной задачи, что обеспечивается при ее составлении.

Пример матрицы технологических операций для оператора буровой установки приведен в табл. 6.

Таблица 6
Матрица технологических операций

1. Основные операции	1.1. Управление процессом бурения	1.1.1. Исследование геологических условий
		1.1.2. Осложнения при бурении пород
		1.1.3. Определение состояния оборудования и инструмента
	1.2. Регулирование расстояния бурения	1.2.1. Спускоподъемные работы
		1.2.2. Нарачивание штанг
		1.2.3. Увеличение скорости проходки пород
2. Подготовительные операции	2.1. Монтажные работы	2.1.1. Монтаж
		2.1.2. Демонтаж
		2.1.3. Перемещение технологического оборудования
		2.1.4. Подготовка, установка и регулирование бурового оборудования
	2.2. Обслуживание и ремонт оборудования	2.2.1. Компрессоры
		2.2.2. Дизельные гидравлические станции
		2.2.3. Буровая установка (станок)
		2.2.4. Вспомогательное оборудование
3. Вспомогательные операции	3.1. Стропальные работы на буровой	
	3.2. Погрузочно-разгрузочные работы на буровой	
	3.3. Ведение первичной технической документации	

При выборе производственной задачи автоматически может быть выбрана любая технологическая операция или группа операций. Также возможен случайный выбор программой нескольких групп операций, а также отдельных операций вместе с ними. При этом количество выбранных случайным образом технологических операций для формирования учебной задачи не должно превышать установленного максимума, заданного в зависимости от уровня сложности выбранных технологических операций и от уровня квалификации, необходимой для прохождения по установленным нормам аттестации. Вместе с тем разброс параметров технологических операций, определенных случайным образом, также может быть заранее задан в зависимости от уровня сложности учебной задачи, что позволяет заранее установить интервал, в пределах которого должна находиться случайная величина, характеризующая значение каждого параметра.

Таким образом, предложенная методика формирования учебной задачи позволяет не только осуществлять случайную выборку технологических операций, но и регулировать сложность этих операций, управляя значениями их параметров. При этом максимальная сложность учебной задачи означает максимальный разброс значений параметров ее технологических операций, что соответствует максимальному приближению к реальным условиям.

Условия, необходимые для составления алгоритма отбора случайных технологических операций для приведенной таблицы на языках программирования, при сквозной нумерации групп технологических операций и их подгрупп, будут следующими:

$$K = \sum N, N = f(i), i = (1, 24)$$

сгенерировать случайное число $i = (1, 24)$

при $i = 1: f(i) = 6$

при $i = 2: f(i) = 8$

при $i = (3, 5): f(i) = 3$

при $i = 6, 7: f(i) = 4$

при $i = (11, 24): f(i) = 1$

генерировать случайное число i до тех пор, пока:

$K = 8$ (максимальное число технологических операций для формирования учебной задачи)

Следует отметить, что нумерация технологических операций и групп технологических операций в матрице может быть различной в зависимости от способа программного представления учебной задачи. Это объясняется тем, что для наибольшего удобства при написании программного кода учебной задачи и ее условий, а также меньшей его сложности и размера, может быть более оптимальна различная нумерация технологических операций и их групп в матрице. Для выбора способа нумерации элементов данной матрицы сначала нужно выбрать средства программного представления учебной задачи, а затем пронумеровать ее элементы для максимального удобства при составлении программного алгоритма.

МАТРИЦА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

Немаловажным этапом при составлении учебной задачи является установление параметров технологической операции. При учете максимального количества параметров технологической операции вариация их значений вместе со случайностью выбора самой операции позволяет обеспечить наиболее

максимальное приближение учебной задачи к реальным производственным условиям. При задании регулируемых параметров учебной задачи может быть использовано задание диапазона изменения параметров технологического процесса, что будет соответствовать изменению сложности и непредсказуемости формируемой задачи. Таким образом, при проектировании учебной задачи также можно воспользоваться матрицей, представленной в табл. 7.

Таблица 7
Матрица параметров технологической операции

Уровень сложности	Уровень сложности			
	Y_1	Y_2	...	Y_m
Параметр				
X_1	$(X_{1\text{ ср.}} - \Delta X_{1\text{ ср.}}; X_{1\text{ ср.}} + \Delta X_{1\text{ ср.}})$	$(X_{1\text{ ср.}} - K; X_{1\text{ ср.}} + K)$...	$(X_{1\text{ min.}}; X_{1\text{ max.}})$
X_2	$(X_{2\text{ ср.}} - \Delta X_{2\text{ ср.}}; X_{2\text{ ср.}} + \Delta X_{2\text{ ср.}})$	$(X_{2\text{ ср.}} - K; X_{2\text{ ср.}} + K)$...	$(X_{2\text{ min.}}; X_{2\text{ max.}})$
...
X_n	$(X_{n\text{ ср.}} - \Delta X_{n\text{ ср.}}; X_{n\text{ ср.}} + \Delta X_{n\text{ ср.}})$	$(X_{n\text{ ср.}} - K; X_{n\text{ ср.}} + K)$...	$(X_{n\text{ min.}}; X_{n\text{ max.}})$

В таблице 7:

n – число параметров технологической операции;

m – количество уровней сложности учебной задачи, интерпретируемое диапазоном изменения параметров технологической операции;

Y_1 – первый уровень сложности учебной задачи, описывающий ситуацию с наиболее вероятными значениями параметров, где:

$X_{i\text{ ср.}}$ – среднее значение i -го параметра,

$\Delta X_{i\text{ ср.}}$ – погрешность измерительного прибора для i -го параметра (в случае, когда параметр измеряется прибором, а не органолептически);

Y_2 – второй уровень сложности, включающий более широкий диапазон значений параметра, где:

K ($K > \Delta X_{i\text{ ср.}}$) – коэффициент, устанавливаемый в зависимости от выбора отклонения от среднего значения параметра;

Y_m – последний уровень сложности, характеризующий максимальный разброс параметров технологической операции, где:

$X_{i\text{ min.}}$ и $X_{i\text{ max.}}$ – соответственно минимальное и максимальное из возможных значений параметров моделируемой технологической операции. Для этого случая перебор производственных ситуаций может быть осуществлен с помощью матрицы (плана) линейного многофакторного эксперимента типа 2^n [4].

Порядок задания параметров технологических операций для формирования учебной задачи будет заключаться в выборе случайного значения параметра столбца матрицы (m), заданного при установлении уровня сложности учебной задачи, для каждой строки матрицы (n) посредством генератора случайных чисел, осуществляющего случайную выборку значений параметров для заданного интервала. Таким образом, полученная учебная задача будет характеризоваться случайным значением всех параметров в заданных интервалах в зависимости от уровня сложности учебной задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа современных предприятий требует максимальной подготовленности его сотрудников к решению любых производственных задач. С этой целью необходимо уделить особое внимание подготовке специалистов к таким задачам, их квалификационным навыкам и знаниям, что позволит уменьшить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, вызванных ошибками и неквалифицированными управляющими воздействиями на рабочих местах, повысить надежность, безопасность и эффективность производства.

Эффективным методом поддержания уровня квалификационных навыков сотрудников является их обучение и аттестация при помощи учебных тренажеров, спроектированных таким образом, чтобы учитывать максимальное число производственных задач и факторов, влияющих на их выполнение. Эффективным алгоритмом функционирования тренажеров является использование матрицы отбора случайных производственных операций в совокупности

с матрицей случайных параметров технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ужга А. Р. Необходимость внедрения и оптимизация использования тренажеров для обучения специалистов//В сб. материалов Региональной научно-практической конференции «Перспективы развития Калининградской области», БФУ им. И. Канта, 2012, с. 178-183.
- [2] Хазов Б. С., Дидусев Б. А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования.- М.: Машиностроение, 1986.- 224 с.
- [3] Оптимизация использования тренажеров для специалистов нефтегазового комплекса// Хафизов Ф. Ш., Шевченко Д. И., Кофанов А. В., Николаев И. А. Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, 2011.- 288 с.
- [4] Нордин В. В. Практические методы повышения качества управления в транспортной и сервисной областях. Калининград: Издательство БФУ им. Иммануила Канта, 2010. – 212 с.

prof. dr inż. Victor Nordin, st. Andrey Uzhga
Immanuel Kant Baltic Federal University Kaliningrad
ul. A. Newskiego 14, 236041 Kaliningrad, РОССИЯ
tel. +7952 1146697
e-mail: nordin@gazinter.net
uzhgaa@yandex.ru