

атмосферу є кислотні дощі, руйнування озонового шару, що створює озонові діри. Тому слід вживати заходів щодо зменшення кількості викидів у повітря шкідливих речовин різноманітними способами їх очистки та знешкодження.

МОНІТОРИНГ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЧОГО УСТАТКУВАННЯ ТА ПРОЦЕСУ MONITORING OF INDUSTRIAL SAFETY EQUIPMENT AND PROCESS

О.І. Богатов, М.Д. Каслін

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглядається можливість в режимі реального часу управління експлуатаційною безпекою виробничого устаткування та процесу на основі послідовного байєсівського аналізу математичного очікування рейтингу порушень нормальної експлуатації.

Ключові слова: Безпека виробничого устаткування та процесу, послідовний байєсівський аналіз, порушення нормальної експлуатації.

Аннотация. Рассматривает возможность в режиме реального времени управления эксплуатационной безопасностью производственного оборудования и процесса на основе последовательного байесовского анализа математического ожидания рейтинга нарушений нормальной эксплуатации.

Ключевые слова: Безопасность производственного оборудования и процесса, последовательный байесовский анализ, нарушения нормальной эксплуатации.

Abstract. Considering the possibility of real-time management of operational safety of production equipment and process based on sequential Bayesian analysis of the expectation ranking violations of normal operation.

Key words: Safety equipment and production process, sequential Bayesian analysis, disruption of operation.

Вступ. Реалізація сучасних методів управління безпекою виробничого устаткування і процесу (ВУП) можливо при широкому використанні методології прийняття рішень на основі фактів, а не на базі суб'єктивних поглядів менеджерів, що передбачає впровадження статистичних методів аналізу в промисловість. Це вимагає насамперед зміни базових принципів менеджменту, активного впровадження філософії культури безпеки як невід'ємної частини культури якості, навчання персоналу сучасним методам статистичного аналізу безпеки [1].

Всі безліч станів ВУП доцільно розділити на два види: безпечні і небезпечні. Оскільки частина джерел небезпеки діє в ВУП безперервно в часі, то можливість заподіяння шкоди присутня завжди і, отже, неправомірно пов'язувати безпечний стан з повною відсутністю збитку. З позицій безпеки перехід ВУП з працездатного стану в

безпечний непрацездатний стан називають порушенням нормальної експлуатації, перехід ВУП з працездатного стану в непрацездатний небезпечний стан - подією, а в аварійний стан - аварією.

Оперативне управління експлуатаційною безпекою доцільно орієнтувати на результати аналізу порушень. При цьому аналізі потрібно враховувати, що в умовах обмеженості тимчасових і вартісних ресурсів необхідність і терміновість розробки коригуючих заходів залежить від ступеня небезпеки порушень [2]. Це обумовлює доцільність визначення показників, що характеризують тяжкість порушень, і відповідних методів оцінки введених показників за експлуатаційними даними.

Мета і постановка задачі. Моніторинг безпеки технічних систем передбачає безперервний аналіз порушень нормальної експлуатації виробничого устаткування (ВУ) з урахуванням того, що кожне порушення несе певну інформацію про рівень безпеки. Ці дані, будучи засвоєні (оброблені), збільшують або зменшують ступінь впевненості особи, що приймає рішення (ОПР) про рівень безпеки. Таким чином, завдання моніторингу безпеки може бути сформульовано в термінах послідовного аналізу статистичних гіпотез. Тому необхідно визначити показники, що характеризують тяжкість конкретного порушення у вигляді ймовірності можливого переходу порушення в аварію, відображаючи тим самим рівень безпеки ВУ при експлуатації в конкретний момент часу настання порушення.

Основний розділ. Перед початком аналізу на підставі попереднього досвіду експлуатації аналогічного устаткування або розрахунків на стадії проектування, проведених для даного ВУ, є інформація про очікуваний рейтинг порушень [2]. Ця інформація може бути представлена у вигляді k несумісних гіпотез H_1, H_2, \dots, H_k щодо математичного очікування рейтингу порушень: гіпотеза H_1 полягає в тому, що середній рейтинг порушень дорівнює \bar{S}_1 ; гіпотеза H_2 полягає у тому, що середній рейтинг порушень дорівнює \bar{S}_2 і т.д. Одна з гіпотез є вірною, і її слід розпізнати (виділити) за результатами аналізу порушень.

Формалізуємо постановку задачі. Нехай H_1, H_2, \dots, H_k - k несумісних гіпотез щодо математичного очікування рейтингу порушень S , тобто $H_1: S = \bar{S}_1, H_2: S = \bar{S}_2, \dots, H_k: S = \bar{S}_k$.

До початку моніторингу ОПР, користуючись інтуїцією і апіорною (попередньою) інформацією про безпеку ВУ, має апіорну інформацію про ймовірність (правдоподібність) кожної з гіпотез:

$$\alpha_1 = P(H_1) = P(S = \bar{S}_1);$$

$$\alpha_2 = P(H_2) = P(S = \bar{S}_w);$$

...

$$\alpha_k = P(H_k) = P(S = \bar{S}_k);$$

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1.$$

Кожне порушення призводить до перерахунку $P(H_i)$, $i = 1, 2, \dots, k$, за рахунок включення інформації про порушення, вираженої у вигляді рейтингу порушень, в комплекс даних про безпеку. Нова порція інформації про небезпеку порушень включається шляхом послідовного застосування формули Байеса.

Якщо в момент t_1 випадкове значення рейтингу порушень виявилось таким, що дорівнює $S(t_1)$, то відповідно до байєсівського підходу умовна ймовірність справедливості гіпотези H_i , за умови $S = S(t_1)$ визначається як

$$P[H_i | S = S(t_1)] = \frac{P(H_i^0) \cdot P[S = S(t_1) | H_i]}{\sum_{j=1}^k P(H_j^0) \cdot P[S = S(t_1) | H_j]}, \quad i = 1, \dots, k, \quad (1)$$

де $P(H_i^0) = P(S = \bar{S}_i) = \alpha_i$; $P[S = S(t_1) | H_i]$ - умовна ймовірність спостереження рейтингу $S = S(t_1)$ і справедливості гіпотези H_i .

Якщо в момент часу t_2 значення рейтингу виявилось таким, що дорівнює $S(t_2)$, то

$$P[H_i | S = S(t_2)] = \frac{P(H_i^1) \cdot P[S = S(t_2) | H_i]}{\sum_{j=1}^k P(H_j^1) \cdot P[S = S(t_2) | H_j]}, \quad i = 1, \dots, k, \quad (2)$$

де $P(H_i^1) = P[H_i | S = S(t_1)]$.

Послідовний процес обліку небезпеки порушень, аналогічний описаному формулами (1) і (2), продовжується в моменти часу t_3 , t_4 , і т.п. В результаті в довільний момент часу t_l ОПР може оперувати апостеріорною ймовірністю $P[H_i | S = S(t_l)]$ про справедливість кожної гіпотези H_i щодо математичного очікування рейтингу порушень. Гіпотеза H_i для якої зазначена апостеріорна ймовірність $P[H_i | S = S(t_l)]$ максимальна, повинна бути визнана найбільш вірогідною (правдоподібною) к l -му спостереженню.

Для того щоб реалізувати цей підхід, необхідно вказати спосіб розрахунку умовних ймовірностей $P[S = S(t_l)|H_i]$, що входять у вираз (2).

Так як рейтинг порушень [2] являє собою реалізацію випадкової величини, що змінюється від 0 до 1, то можна припустити, що розподіл рейтингу може бути описано β -функцією, що зосереджена на відрізку $[0,1]$, з щільністю ймовірності виду

$$f(S) = \frac{S^{a-1}(1-S)^{b-1}}{B(a,b)}, \quad (3)$$

де a, b - параметри β -розподілу; $B(a,b)$ - β -функція, яка виражається через гамма-функцію Γ (*) відповідно до виразу

$$B(a,b) = \frac{\Gamma(a)\Gamma(b)}{\Gamma(a+b)}. \quad (4)$$

Математичне очікування рейтингу порушень \bar{S} для β -розподілу виду (3) буде мати вигляд:

$$\bar{S} = \frac{a}{a+b}. \quad (5)$$

Якщо справедлива гіпотеза H_i , тобто $\bar{S} = \bar{S}_i$, то з формули (5) випливає, що при фіксованому параметрі b

$$a = b \frac{\bar{S}_i}{1-\bar{S}_i}. \quad (6)$$

Таким чином, якщо на l -му кроці визначено рейтинг порушення $S(t_l)$, то при справедливості гіпотези H_i з рівнянь (6) і (2) витікає

$$P[S = S(t_l)|H_i] = [S(t_l)]^{\frac{b\bar{S}_i}{1-\bar{S}_i}} \frac{[1-S(t_l)]^{b-1}}{B_i}, \quad (7)$$

$$\text{де } B_i = \frac{\Gamma\left[\frac{b\bar{S}_i}{1-\bar{S}_i}\right] \cdot \Gamma(b)}{\Gamma\left[\frac{b\bar{S}_i}{1-\bar{S}_i} + b\right]} = \frac{\Gamma\left[\frac{b\bar{S}_i}{1-\bar{S}_i}\right] \cdot \Gamma(b)}{\Gamma\left[\frac{b}{1-\bar{S}_i}\right]}.$$

Остаточно приходимо до наступного алгоритму моніторингу безпеки, заснованого на байєсівському підході:

- на основі попередньої інформації про рівень безпеки об'єкта формуються k гіпотез про математичне сподівання рейтингу порушень H_1, H_2, \dots, H_k .

- на основі цієї ж інформації задаються k значень апіорних ймовірностей прийняття (справедливості) кожної з гіпотез $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$; $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$. Якщо немає інформації про пріоритет тієї чи іншої гіпотези, то $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = \frac{1}{k}$.

- нехай у момент часу t_1 зафіксовано порушення, рейтинг якого дорівнює $S(t_1)$.

- умовна ймовірність того, що випадкове значення рейтингу дорівнює $S(t_1)$ при справедливості гіпотези H_i з урахуванням рівняння (7), має вигляд

$$P[S = S(t_1)|H_i] = S(t_1)^{\frac{b\bar{s}_i}{1-\bar{s}_i}} \cdot \frac{1 - \bar{S}(t_1)^{b-1}}{B_i}; \quad (8)$$

- умовна ймовірність справедливості H_i за умови, що спостерігається рейтинг $S(t_1)$, визначається за формулою

$$P[H_i|S = S(t_1)] = \left[\alpha_i \cdot S(t_1)^{\frac{b\bar{s}_i}{1-\bar{s}_i}} \cdot \frac{1 - \bar{S}(t_1)^{b-1}}{B_i} \right] / \left[\sum_{j=1}^k \alpha_j \cdot S(t_1)^{\frac{b\bar{s}_j}{1-\bar{s}_j}} \cdot \frac{1 - \bar{S}(t_1)^{b-1}}{B_j} \right]. \quad (9)$$

Обчислення тривають до моменту часу t_{l-1} . Далі нехай в момент часу t_l , зафіксовано порушення, рейтинг якого дорівнює $S(t_l)$.

Ймовірність того, що рейтинг порушення дорівнює $S(t_l)$ за умови справедливості гіпотези H_i , визначається за формулою, аналогічною (8):

$$P[S = S(t_l)|H_i] = S(t_l)^{\frac{b\bar{s}_i}{1-\bar{s}_i}} \cdot \frac{1 - \bar{S}(t_l)^{b-1}}{B_i}. \quad (10)$$

Ймовірність того, що гіпотеза H_i є вірною за умови, що спостерігається порушення, рейтинг якого дорівнює $S(t_l)$, має вигляд

$$P[H_i|S = S(t_l)] = \left\{ P[H_i|S = S(t_{l-1})] \cdot S(t_l)^{\frac{b\bar{s}_i}{1-\bar{s}_i}} \cdot \frac{1 - \bar{S}(t_l)^{b-1}}{B_i} \right\} / \left\{ \sum_{j=1}^k \left(P[H_j|S = S(t_{l-1})] \cdot S(t_l)^{\frac{b\bar{s}_j}{1-\bar{s}_j}} \cdot \frac{1 - \bar{S}(t_l)^{b-1}}{B_j} \right) \right\}, \quad (11)$$

де $P[H_i|S = S(t_0)] = \alpha_i$.

Після моменту t_l найбільш вірогідною визнається і вибирається та гіпотеза H_i^* , для якої ймовірність $P[H_i^*|S = S(t_l)]$ максимальна для всіх $i = 1, \dots, k$.

Необхідно зауважити, що:

- якщо на якомусь етапі ймовірність прийняття однієї або декількох гіпотез значно менше за інших, то її (їх) можна виключити з подальшого аналізу з подальшим нормуванням суми ймовірностей гіпотез, що залишилися.

- вибір закону розподілу рейтингу порушень $S(t)$ істотно не впливає на результати моніторингу, тобто на значення ймовірностей $P[H_i^* | S = S(t_i)]$, $i=1, 2, \dots, k$.

Можна припустити, що в окремих випадках, особливо на початковому етапі спостережень, кілька гіпотез можуть конкурувати, що пояснюється великим розкидом рейтингу. Тобто стійкі висновки щодо справедливості тієї чи іншої гіпотези доцільно формулювати після накопичення певної інформації про порушення.

Висновки. Таким чином, послідовний байєсівський аналіз безпеки може проводитися в режимі реального часу після настання кожного порушення, що дозволить підвищити оперативність прийнятих рішень у випадку, коли усвідомлюється, що математичне очікування рейтингу порушень велике.

ЛІТЕРАТУРА

1. Браун Д.Б. Анализ и разработка систем обеспечения техники безопасности (системный подход к технике безопасности) / Д.Б. Браун. - М.: Машиностроение, 1979. – 359 с.
2. Александровская Л.Н. Статистические методы анализа безопасности сложных технических систем: Учебник / Л.Н.Александровская, И.З.Аронов, А.И.Елизаров и др.; под ред. В.П. Соколова. - М: Логос, 2001.-232 с.

ПРОБЛЕМНИЙ ХАРАКТЕР ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДИНИ З СЕРЕДОВИЩЕМ ЇЇ МЕШКАННЯ

PROBLEMATIC NATURE OF HUMAN INTERACTION WITH THE ENVIRONMENT OF RESIDENCE

Студент І.М. Ганжа, керівник А.В. Пятова (SSL(E) – E)

Національний Університет України «Київський політехнічний інститут»

Анотація. В роботі розглянуто проблеми взаємодії людини з навколишнім середовищем, а саме негативний вплив людини на природні ресурси планети. За допомогою статистики показано руйнівний вплив промисловості на природу та як це відображається на людстві. Приклади екологічних катастроф останнього часу свідчать про небезпеку для населення від необдуманого використання природних ресурсів.

Ключові слова: екологія, техногенна катастрофа, промисловість, утилізація відходів, загроза населенню.