УДК 681.516.52: 621.74.041

Т.В. Лисенко, д.т.н., доц.
Т.І. Носенко, пошукувач
О.Л. Становський, д.т.н., проф.
В.М. Тонконогий д.т.н., проф.
Одеський національний політехнічний університет

СИНХРОНІЗАЦІЯ ПОДІЙ ПРИ РОБОТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ

Визначено поняття «подія» з точки зору автоматизованого синхронізуючого управління. Показано, що таке управління має імовірнісний характер. Розроблені теоретичні основи визначення статистичної оцінки ймовірності синхронізації подій в окремих підсистемах об’єкта управління.

Вступ. Останнім часом у зв'язку із широким розвитком нових класів систем автоматизованого управління виникла необхідність в імітаційному моделюванні станів і перетворень керованих об'єктів, яке містить поняття «подія».

На жаль, визначення події в численних прикладних роботах математично не строгі, суперечливі та носять «відтінки» конкретних застосувань. Так, в [1] події інтерпретуються як «непередбачені явища в бізнесі»; у [2] – як «інцидент або явище, які можуть торкатися виконання стратегії або досягнення тактичних або оперативних цілей»; у [3] – як «записи, що генеруються процесами в комп'ютерній системі і зберігаються в певних каталогах»; у [4–7] – як «якісні зміни в системі» або «досягнення змінними системи деякого заздалегідь заданого значення, що не призводить до якісних перетворень, але зумовлює перехід до будь-якого нового відношення» тощо.

У багатьох роботах з управління події розглядаються як щось «зненацька» привнесене ззовні і потребуюче реакції АСУ, спрямованої на усунення його наслідків [8–10]. У той же час, поняття «подія», широко використовуване в теорії ймовірності, не визначено в останній і є аксіоматичною основою для побудови булевої алгебри подій.

Основна частина. Нехай деяка система Ω визначена в n_Ω-мірному просторі станів $\mathbf{\Omega}(\tau)$, де τ – час. Розіб'ємо $\mathbf{\Omega}(\tau)$ на k множин:

$$\mathbf{Y}_1(\tau) = \{y_{11}(\tau), y_{12}(\tau), \ldots, y_{1n_1}(ф)\},$$

$$\mathbf{Y}_2(\tau) = \{y_{21}(\tau), y_{22}(\tau), \ldots, y_{2n_2}(ф)\},$$

$$\ldots$$

$$\mathbf{Y}_k(\tau) = \{y_{k1}(\tau), y_{k2}(\tau), \ldots, y_{kn_k}(ф)\}$$

із розмірностями n_1, n_2, … n_k, відповідно, які можуть частково перетинатися між собою. Назвемо частини загальної системи Ω, визначені на $\mathbf{Y}_1(\tau)$, $\mathbf{Y}_2(\tau)$, …, $\mathbf{Y}_k(\tau)$ відповідно, підсистемами $\mathbf{Y_1}$, $\mathbf{Y_2}$, …, $\mathbf{Y}_{\boldsymbol{k}}$...

Виділимо в підсистемах Y_1, Y_2, …, Y_k *пойменовані стани*:

$$\mathbf{Y}_1^{S_{11}}(ф) = \{ y_{11}^{S_{11}}(ф),\ y_{12}^{S_{11}}(ф), \ldots, y_{1n_1}^{S_{11}}(ф)\},$$

$$\mathbf{Y}_1^{S_{12}}(ф) = \{ y_{11}^{S_{12}}(ф),\ y_{12}^{S_{12}}(ф), \ldots, y_{1n_1}^{S_{12}}(ф)\},$$

$$\mathbf{Y}_1^{S_{1q_1}}(ф) = \{ y_{11}^{S_{1q_1}}(ф),\ y_{12}^{S_{1q_1}}(ф), \ldots, y_{1n_1}^{S_{1q_1}}(ф)\};$$

$$\mathbf{Y}_2^{S_{21}}(ф) = \{ y_{21}^{S_{21}}(ф),\ y_{22}^{S_{21}}(ф), \ldots, y_{2n_2}^{S_{21}}(ф)\},$$

$$\mathbf{Y}_2^{S_{22}}(ф) = \{ y_{21}^{S_{22}}(ф),\ y_{22}^{S_{22}}(ф), \ldots, y_{2n_2}^{S_{22}}(ф)\},$$

$$\ldots$$

$$\mathbf{Y}_2^{S_{2q_2}}(ф) = \{ y_{21}^{S_{2q_2}}(ф),\ y_{22}^{S_{2q_2}}(ф), \ldots, y_{2n_2}^{S_{2q_2}}(ф)\};$$

$$\ldots\ldots\ldots\ .\ .$$

$$\mathbf{Y}_k^{S_{k1}}(ф) = \{ y_{k1}^{S_{k1}}(ф),\ y_{k2}^{S_{k1}}(ф), \ldots, y_{kn_k}^{S_{k1}}(ф)\},$$

$$\mathbf{Y}_k^{S_{k2}}(ф) = \{ y_{k1}^{S_{k2}}(ф),\ y_{k2}^{S_{k2}}(ф), \ldots, y_{kn_k}^{S_{k2}}(ф)\},$$

$$\ldots$$

$$\ldots$$

$$\mathbf{Y}_k^{S_{kq_k}}(ф) = \{ y_{k1}^{S_{kq_k}}(ф),\ y_{k2}^{S_{kq_k}}(ф), \ldots, y_{kn_k}^{S_{kq_k}}(ф)\}.$$

які можуть (або не можуть) бути досягнуті на інтервалах часу $\tau_{\min 1} \leq \tau \leq \tau_{\max 1}$; $\tau_{\min 2} \leq \tau \leq \tau_{\max 2}$; …; $\tau_{\min k} \leq \tau \leq \tau_{\max k}$, відповідно.

Назвемо ці пойменовані стани системи Ω ***подіями*** $\Sigma\{S_{11}, S_{12}, \ldots, S_{1q_1}; S_{21}, S_{22}, \ldots, S_{2q_2}; \ldots; S_{k1}, S_{k2}, \ldots, S_{kq_k}\}$...

Вище вказувалося, що простори $\mathbf{Y}_1(\tau)$, $\mathbf{Y}_2(\tau)$, …, $\mathbf{Y}_k(\tau)$, на яких визначені підсистеми $\mathbf{Y}_1$, $\mathbf{Y}_2$, …, $\mathbf{Y}_k$ загальної системи Ω, можуть перетинатися.

Нехай, наприклад, перетинаються простори $\mathbf{Y}_1(\tau) = \{y_{11}(\tau), y_{12}(\tau), \ldots, y_{1n_1}(\text{ф})\}$ та $\mathbf{Y}_2(\tau) = \{y_{21}(\tau), y_{22}(\tau), \ldots, y_{2n_2}(\text{ф})\}$ підсистем Y_1 та Y_2. Позначимо загальні координати просторів через $\mathbf{u}_{1,2}(\tau)\{u_1(\tau), u_2(\tau), \ldots, u_z(\tau)\}$, причому, $z < n_1$ і $z < n_2$. Тоді можна записати:

$$\mathbf{Y}_1(\tau) = \{y_{11}(\tau), y_{12}(\tau), \ldots, y_{1(n_1-z)}(\text{ф}), u_1(\tau), u_2(\tau), \ldots, u_z(\tau)\},$$

$$\mathbf{Y}_2(\tau) = \{y_{21}(\tau), y_{22}(\tau), \ldots, y_{2(n_2-z)}(\text{ф}), u_1(\tau), u_2(\tau), \ldots, u_z(\tau)\},$$

або у векторній формі:

$$\mathbf{Y}_1(\tau) = \{\mathbf{y_1}(\tau), \mathbf{u}(\tau)\},$$
$$\mathbf{Y}_2(\tau) = \{\mathbf{y_2}(\tau), \mathbf{u}(\tau)\}.$$

Визначимо події S_1 і S_2 у підсистемах Y_1 і Y_2 тільки на координатах $\boldsymbol{y}_1(\tau)$ і $\boldsymbol{y}_2(\tau)$ відповідно, а z загальних координат $\mathbf{u}(\tau)$ будемо вважати ***спільним управлінням*** підсистемами.

Запишемо останні вирази у вигляді:

$$\mathbf{f_1}\{\mathbf{y_1}(\tau), \mathbf{u}(\tau)\} = 0;$$
$$\mathbf{f_2}\{\mathbf{y_2}(\tau), \mathbf{u}(\tau)\} = 0. \qquad (1)$$

Дорівнюючи ліві частини (1), одержимо:

$$\mathbf{f_1}\{\mathbf{y_1}(\tau), \mathbf{u}(\tau)\} = \mathbf{f_2}\{\mathbf{y_2}(\tau), \mathbf{u}(\tau)\}$$

або

$$\mathbf{F}\{\mathbf{y_1}(\tau), \mathbf{y_2}(\tau), \mathbf{u}(\tau)\} = 0. \qquad (2)$$

Нехай подія $\mathbf{y}_1^{S_1}(\text{ф})$ в підсистемі Y_1 відбувається під час τ_{S1}, а подія $\mathbf{y}_2^{S_2}(\text{ф})$ в підсистемі Y_2 – під час τ_{S2}.

Тоді окремими випадками (1) будуть вирази:

$$\mathbf{f_1}\{\mathbf{y}_1^{S_1}(\text{ф}_{S1}), \mathbf{u}(\tau)\} = 0; \quad \mathbf{f_2}\{\mathbf{y}_2^{S_2}(\text{ф}_{S2}), \mathbf{u}(\tau)\} = 0, \qquad (3)$$

а окремими випадками (2) вирази:

$$\mathbf{F}\{\mathbf{y}_1^{S_1}(\text{ф}_{S1}), \mathbf{y}_2^{S_2}(\text{ф}_{S2}), \mathbf{u}(\tau)\} = 0. \qquad (4)$$

Завдання 1. *Знайти таку функцію* $\mathbf{u}(\tau)$, *щоб події* $\mathbf{y}_1^{S_1}(\text{ф})$ *та* $\mathbf{y}_2^{S_2}(\text{ф})$ *у підсистемах* Y_1 *і* Y_2 *загальної системи* Ω *відбулися при довільному* τ *з діапазонів, які перетинаються,* $\tau_{\min 1} \le \tau \le \tau_{\max 1}$; $\tau_{\min 2} \le \tau \le$

$\tau_{\max 2}$, *але практично одночасно.*

Для цього необхідно, щоб виконувалася нерівність $\tau_{S1} - \tau_{S2} \le \varepsilon$, де ε – довільне мале число.

Така функція $\mathbf{u}(\tau)$ буде управлінням, що синхронізує події в підсистемах Y_1 і Y_2 системи Ω, або просто ***синхронізуючим управлінням*** [4].

У реальних моделях систем простір Ω, як правило, скінченномірний, тобто «за бортом» залишаються як невраховувані параметри внутрішнього стану системи, так і параметри зовнішнього впливу на неї, через що події $S_{11}, S_{12}, \ldots, S_{1q_1}$; $S_{21}, S_{22}, \ldots, S_{2q_2}$; …; $S_{k1}, S_{k2}, \ldots, S_{kq_k}$ відбуваються із ймовірностями $p_{11}, p_{12}, \ldots, p_{1q_1}$; $p_{21}, p_{22}, \ldots, p_{2q_2}$; …; $p_{k1}, p_{k2}, \ldots, p_{kq_k}$...

Доповнимо перелік подій у кожній з підсистем $Y_1, Y_2, \ldots, Y_k$ «нульовими» подіями $S_{01}, S_{02}, \ldots, S_{0k}$, які означають, що у відповідній підсистемі не відбулося жодного з перерахованих подій $S_{11}, S_{12}, \ldots, S_{1q_1}$; $S_{21}, S_{22}, \ldots, S_{2q_2}$; …; $S_{k1}, S_{k2}, \ldots, S_{kq_k}$...

Будемо вважати події, що відбуваються в кожній з підсистем Y_1, $Y_2, \ldots, Y_k$ окремо, неспільними, а події в різних підсистемах – взаємно незалежними:

$$S_{11} \cap S_{12} \cap \ldots \cap S_{1q_1};$$

$$S_{21} \cap S_{22} \cap \ldots \cap S_{2q_2};$$

$$\ldots$$

$$S_{k1} \cap S_{k2} \cap \ldots \cap S_{kq_k};$$

$$S_{11} \cup S_{21} \cup \ldots \cup S_{k1}.$$

$$\ldots$$

Ймовірності «нульових» подій – відсутність подій взагалі – позначимо через $p_{10}, p_{20}, \ldots, p_{k0}$... Тоді

$$p_{11} + p_{12} + \ldots + p_{1q_1} + p_{10} = 1;$$

$$p_{21} + p_{22} + \ldots + p_{2q_2} + p_{20} = 1;$$

$$\ldots$$

$$p_{k1} + p_{k2} + \ldots + p_{kq_k} + p_{k0} = 1 \ldots\ldots$$

Такий ймовірнісний підхід до моделювання подій призводить до того, що при кількості експериментів більше одного і, наприклад, $\mathbf{Y}_1(\tau) = \mathrm{const}$ час настання подій у цих експериментах вже не є постійним, як це представлено в [4], а може істотно розрізнятися. При цьому значення τ_S «розмазуються» уздовж діапазону припустимих значень $\tau_{min} \leq \tau_S \leq \tau_{max}$, як це представлено, наприклад, за допомогою гістограми на рис. 1.

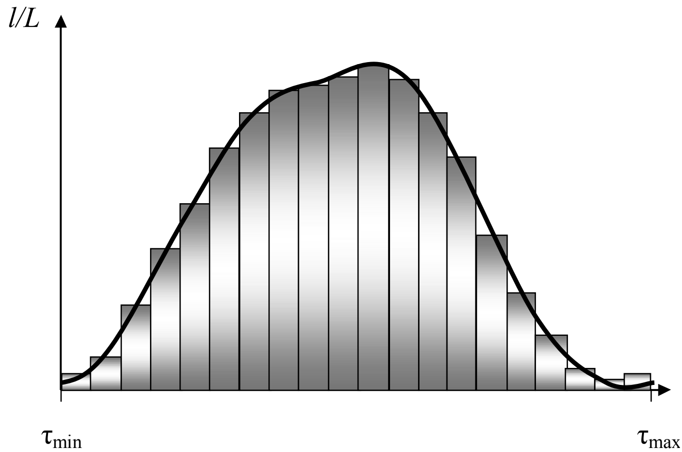

Рис. 1. Гістограма розподілу фактичного (експериментального) часу настання події

Крива, яка огинає цю гістограму, може бути прийнята як функція статистичної оцінки ймовірності $p(\tau)$ настання події S у той або інший момент часу τ.

Очевидно також, що в загальному випадку функція p залежить ще й від управління $\mathbf{u}$, тобто має місце залежність $p(\mathbf{u}, \tau)$.

Графічно це може бути представлено, наприклад, у вигляді залежностей $p_1(\tau)$ для підсистеми Y_1 при трьох фіксованих значеннях $\mathbf{u}$ (рис. 2, *а*).

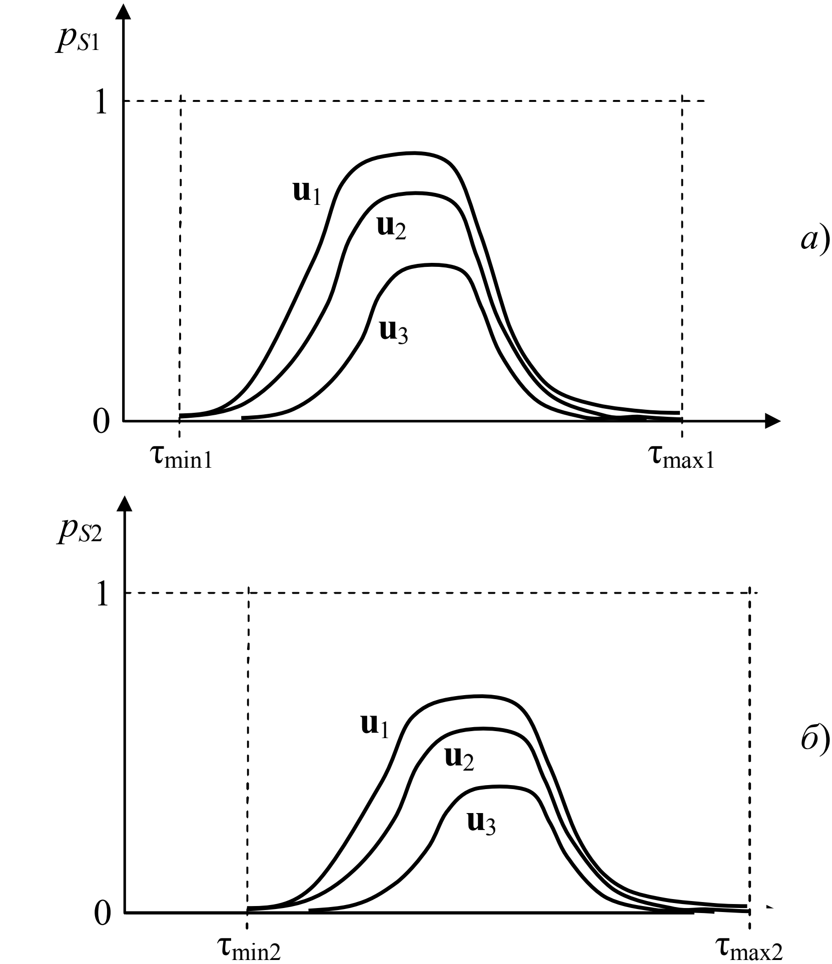

*Рис. 2. Вплив управління **u** на хід кривих $p_1(\mathbf{u}, \tau)$ і $p_2(\mathbf{u}, \tau)$*

Аналогічно залежності $p_2(\tau)$ при тих же фіксованих значеннях **u** можуть бути побудовані й для підсистеми Y_2 (рис. 2, *б)*.

Збіг подій у підсистемах Y_1 і Y_2 можливий, якщо інтервали $\phi^{S_1}_{\min} - \phi^{S_1}_{\max}$ та $\phi^{S_2}_{\min} - \phi^{S_2}_{\max}$ перетинаються хоча б в одній точці.

Оскільки події в різних підсистемах незалежні, ймовірність їхнього попарного збігу (синхронізації) у момент часу τ_1 дорівнює:

$$P_{S_1S_2}(\mathbf{u},\varphi_1) = p_{S_1}(\mathbf{u},\varphi_1)\cdot p_{S_2}(\mathbf{u},\varphi_1)\,, \tag{5}$$

якщо точка τ_1 належить обом інтервалам: $\varphi_{1\min}^{S_1} - \varphi_{1\max}^{S_1}$ і $\varphi_{1\min}^{S_2} - \varphi_{1\max}^{S_2}$.

Висновки.

1. Синхронізація подій у двох і більше підсистемах не може бути гарантована (з ймовірністю 1) при будь-якому управлінні.

2. Максимальна ймовірність синхронізації визначається максимумом функції $P_{S_1S_2}(\mathbf{u},\varphi_1)$, а оптимізація цієї ймовірності полягає у пошуку такого **u***, що доставляє максимум виразу $P_{S_1S_2}(\mathbf{u},\varphi_1)$ при будь-якому $\varphi \in (\varphi_{1\min}^{S_1} - \varphi_{1\max}^{S_1}) \cup (\varphi_{1\min}^{S_2} - \varphi_{1\max}^{S_2})$.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Крылов Е.* Управление событиями в предприятии реального времени //http://www.real-time-enterprise.ru/technology/event/eventmanage2.html.
2. *Крылов Е.* Идентификация событий в модели // http://www.real-time-enterprise.ru/technology/event/.
3. Необходимость эффективного управления событиями //http://www.avsoft.ru/catalog/product/detail/detail.php?SECTION_ID=141&PRODUCT_ID=&ID=3392.
4. *Становский А.Л., Лысенко Т.В.* Использование муар-эффекта при синхронизации событий // Труды Одесского политехнического университета. – 2006. – Вып. 1(25).– С. 114–118.
5. *Найдек В.Л., Становский А.Л., Лысенко Т.В.* Оптимизация процессов в системе «отливка – форма» за счет синхронизации событий // Материалы XIII семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2006. – С. 3–5.
6. *Шинский О.И., Лысенко Т.В.* Синхронизация событий как фактор управления при литье по газифицируемым моделям // Материалы XIII семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2006. – С. 36–41.
7. *Становский А.Л., Лысенко Т.В., Худенко Н.П.* Управление, синхронизирующее события в песчаной литейной форме //

Материалы XIII семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2006. – С. 66–68.
8. Событие управления. Руководство для разработчиков NET Framework //http://msdn.microsoft.com/ library/rus/default.asp?url=/library/rus/cpguidenf/html/c pconmanagementevents.asp.
9. Системы управления событиями. Оценка METAspect-rum[SM]//http://www.hp.ru/openview/news_n_articles/analytical_report s/metaspectrum/.
10. Функция управления событиями http://econom.nsu.ru /manag2/LDI/ Funuprsob.htm.
11. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике. – М.: Наука, 1974. – 831 с.

ЛИСЕНКО Тетяна Володимирівна – доктор технічних наук, доцент кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування Одеського національного політехнічного університету.

Наукові інтереси:
– моделювання технічних систем.

НОСЕНКО Тетяна Іванівна – пошукувач кафедри Одеського національного політехнічного університету.

Наукові інтереси:
– моделювання технічних систем.

СТАНОВСЬКИЙ Олександр Леонідович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування Одеського національного політехнічного університету.

Наукові інтереси:
– моделювання технічних систем.

ТОНКОНОГИЙ Володимир Михайлович – доктор технічних наук, директор Інституту промислових технологій дизайну та менеджменту Одеського національного політехнічного університету.

Наукові інтереси:
– процес різання інструментами зі зносостійкими покриттями.

Подано22.06.2007