

example, rather than scheduling a resource in Outlook (conference room, huddle space, etc.), using a remote or local control to turn the AV on in the scheduled space, and then having to find a help desk or support number to call if something doesn't work, FUSION can integrate all of these things in to a single, automated function. All of the information associated with this usage will be aggregated and made available for future reporting.

The example above is just one of literally thousands of ways FUSION can be used to streamline technology usage. However, streamlining usage does nothing to reassure the owner or end-user in the event of technology failure or (literal) asset loss. Because of FUSION's data collection and reporting functions, you are not left in the dark about the health or status of your AV equipment. FUSION can be setup to provide email alerts when and how often you want them: If a projector lamp reaches X hours, if a projector or display is unplugged, if a room is used during a specific time period, etc. (the list can go on). FUSION is only limited by what you want to know.

System control, helpdesk integration, data collection, and reporting – are all part of FUSION. Additionally, FUSION will integrate with a host of scheduling / calendar software including Microsoft Exchange, Office 365, Google Calendar, CollegeNet R25 to 25Live, and many others. Fusion also allows you to “connect your BI software of choice... to generate powerful analytics and data visualizations. In addition, FUSION coupled with Pin-Point provides greater data about room and equipment use which aides in forecasting technology refurbishment/expansion and can also aid in forecasting / scheduling physical building maintenance.

Every asset is precious – whether tangible or intangible. Crestron FUSION allows you to maximize your tangible technology assets in a way that provides greater confidence and piece of mind. Additionally, FUSION provides what may be the greatest asset of all – information. Although no solution is perfect, FUSION's control, scheduling, reporting, and monitoring functions will keep you

from that helpless feeling of watching your technology assets become lost.

VI. CONCLUSION

Bottlenecks while commuting to work are bad enough.

Bottlenecks while at work pile on even more frustration and wasted time. In fact, statistically, there is an average 10-minute delay between the scheduled start time of the meetings and the actual start time. In a large organization, multiply that wasted time by the hundreds or even thousands of meetings held in a typical day. Add in all the unused, underused, and misused meeting rooms and you can see why lost productivity and wasted resources cost organizations millions of dollars every year.

Enabling employees to be as productive as possible is a constant struggle, but the solution is actually simple: remove all obstacles and friction in their way. Modern Room Scheduling System delivers a solution that does exactly that.

REFERENCES

- [1] "A Smart Meeting Room Scheduling and Management System with Utilization Control and Ad-hoc Support Based on Real-Time Occupancy Detection", 2016 IEEE
- [2] Z. Yu and Y. Nakamura, "Smart meeting systems: A survey of state-of-the-art and open issues," ACM Computing Surveys (CSUR), vol. 42, p. 9, 2010
- [3] V Mueller, J. "Why individuals in larger teams perform worse." Organizational Behavior and Human Decision Processes, Vol.117 No. 1, January 2012.
- [4] Center for Active Design. Building Design Checklist. Accessed, 4.25.2016 <https://centerforactivedesign.org/ourapproach>

Нечітка модель у засобах прийняття рішень інтелектуального робота

Олександр Цимбал

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА
Харків, пр. Науки. 14, , e-mail: oleksandr.tymbal@nure.ua

Анотація: Наведено основні положення нечіткого подання моделі прийняття рішень інтелектуального робота. Наведено результати дослідження залежності максимального перегреву радіоелектронного апарату от его размеров.

Ключові слова: нечіткість, інтелектуальний робот, стратегія прийняття рішень, система планування.

I. ВСТУП

Класичний підхід до розробки планів функціонування інтелектуального технологічного

обладнання планування стратегій автоматизованих систем керування (АСК) розглядає визначеність усіх подій на бінарному рівні: подія або відбувається, або ні. Необхідність врахування ризиків, пов'язаних з виконанням дій та станом робота, обумовлює використання інших підходів до моделювання процесу планування стратегій, зокрема на основі теорії ймовірностей та теорії нечітких множин. Використання нечітких множин для планування стратегій, у своїй більшості, полягає у нечіткій оцінці (фазифікації) класичних теорій прийняття рішень [1]. Відповідно до одних критеріїв, завдання планування стратегій класифікуються за наявністю одного або декількох суб'єктів, що забезпечують планування стратегій. Такі завдання належать до одноосібного або багатоосібного (колективного) планування стратегій. Відповідно інших критеріїв, вирізняють завдання, що потребують простої оптимізації функції корисності, оптимізації за певних умов обмежень, за умов декількох цілей. Більш того, планування стратегій може проводитися за один крок або проводитися ітеративно – у послідовності кроків (стадій).

II. ФОРМУВАННЯ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Завдання планування стратегій з точки зору нечіткого динамічного програмування розглядається як завдання нечіткого скінченного автомата [1, 2]. Проте, обмеженням теорії є проблема опису перехідної функції, що характеризується аналогом з теорії класичних автоматів. Іншим обмеженням є відсутність вихідних значень, тобто наступний внутрішній стан використовується як вихідне значення і, відповідно, необхідно розрізняти два стани.

Зазначені обмеження визначають постановку завдання: автомат A , що використовується у нечіткому динамічному програмуванні, визначається трійкою:

$$A = \langle X, Z, f \rangle, \quad (1)$$

де X і Z – множини вхідних та вихідних станів, відповідно, також:

$$f : Z \times X \rightarrow Z \quad (2)$$

є функцією переходу, значення якої полягає у визначенні для кожного дискретного моменту часу $t \in N$ наступного внутрішнього стану z^{t+1} автомата у термінах поточного внутрішнього z^t і поточного вхідного x^t станів, тобто:

$$z^{t+1} = f(z^t, x^t). \quad (3)$$

Такий тип автомата використається у класичному динамічному програмуванні. Для

випадку нечіткого динамічного програмування дані мають бути фазифіковані із використанням принципу розширення. У схемі нечіткої версії автомата A^t і C^t відповідають нечіткому вхідному стану і нечіткому внутрішньому стану у момент t , C^{t+1} – нечіткий внутрішній стан у момент $t+1$. A^t є нечіткої множини на X , C^t і C^{t+1} – нечіткі множини на Z .

Використовуючи нечіткий автомат, можна забезпечити опис нечіткого динамічного програмування. Під час розгляду концепції необхідна ціль виражається у термінах нечіткої множини C^N (нечіткий внутрішній стан A у момент часу N), де N – час завершення процесу планування стратегій. Значення N також позначає кількість етапів процесу планування стратегій. Передбачається, що вхідне значення A виражається у кожен момент часу t нечітким станом A^t , також заданим є початковий чіткий стан z^0 .

Розглядаючи нечіткі вхідні стани A^0, A^1, \dots, A^{N-1} як обмеження і нечіткий внутрішній стан C^N як нечітку ціль планування стратегій, тепер можливо започаткувати нечітке рішення як нечітку множину X^N , яка визначається так:

$$D = \tilde{A}^0 \cap \tilde{A}^1 \cap \dots \cap \tilde{A}^{N-1} \cap \tilde{C}^N, \quad (4)$$

де \tilde{A}^t - циліндричне розширення A^t з X в X^N

для кожного $t=0, 1, \dots, N-1$ і \tilde{C}^N – нечітка множина на X^N , що забезпечує C^N на Z . Тобто, для кожної послідовності x^0, x^1, \dots, x^{N-1} , розглядуваної як послідовність рішень, ступінь приналежності до D визначається виразом:

$$D(x^0, x^1, \dots, x^{N-1}) = \min[A^0(x^0), A^1(x^1), \dots, A^{N-1}(x^{N-1}), C^N(z^N)], \quad (5)$$

де z^N унікально визначається на основі інформації про x^0, x^1, \dots, x^{N-1} і z^0 . Таке визначення передбачає наявність стандартного оператора перегину. Планування стратегій полягатиме у знаходженні послідовності $\tilde{x}^0, \tilde{x}^1, \dots, \tilde{x}^{N-1}$ початкових станів, таких, що:

$$D(\tilde{x}^0, \tilde{x}^1, \dots, \tilde{x}^{N-1}) = \max_{x^0, \dots, x^{N-1}} D(x^0, x^1, \dots, x^{N-1}) \quad (6)$$

Для розв'язання такого завдання засобами нечіткого динамічного програмування необхідно застосувати принцип, відомий як принцип оптимальності Белмана: оптимальна послідовність рішень має таку властивість, що для будь-яких початкових станів і початкових рішень решта рішень має відповідати оптимальній стратегії відповідно до стану, отриманому з першого рішення [3-4].

Використовуючи принцип оптимальності і підставляючи вираз для D , можемо записати:

$$D(\tilde{x}^0, \tilde{x}^1, \dots, \tilde{x}^{N-1}) = \max_{x^0, \dots, x^{N-2}} \{ \max_{x^{N-1}} \min [A^0(x^0), A^1(x^1), \dots, A^{N-1}(x^{N-1}), C^N(f(z^{N-1}, x^{N-1}))] \}. \quad (7)$$

Цей вираз можна переписати:

$$\begin{aligned} D(\tilde{x}^0, \tilde{x}^1, \dots, \tilde{x}^{N-1}) &= \max_{x^0, \dots, x^{N-2}} \{ \min [A^0(x^0), A^1(x^1), \dots, A^{N-2}(x^{N-2}), \\ &\max_{x^{N-1}} \min [A^{N-1}(x^{N-1}), C^N(f(z^{N-1}, x^{N-1}))] \} = \\ &\max_{x^0, \dots, x^{N-2}} \{ \min [A^0(x^0), A^1(x^1), \dots, A^{N-2}(x^{N-2}), \\ &\max_{x^{N-1}} \min [A^{N-1}(x^{N-1}), C^N(z^{N-1})] \} = \\ &\max_{x^0, \dots, x^{N-2}} \{ \min [A^0(x^0), A^1(x^1), \dots, A^{N-2}(x^{N-2}), C^{N-1}(z^{N-1})] \} \end{aligned}$$

$$\text{де} \quad C^{N-1}(z^{N-1}) = \max_{x^{N-1}} \min [A^{N-1}(x^{N-1}), C^N(z^N)]$$

Повторюючи зворотню ітерацію, отримуємо множину рекурентних рівнянь

$$C^{N-k}(z^{N-k}) = \max_{x^{N-k}} \min [A^{N-k}(x^{N-k}), C^{N-k+1}(z^{N-k+1})] \quad (8)$$

для $k=1, 2, \dots, N$, де

$$z^{N-k+1} = f(z^{N-k}, x^{N-k}). \quad (9)$$

Оптимальна послідовність $\tilde{x}^0, \tilde{x}^1, \dots, \tilde{x}^{N-1}$ рішень може бути отримана максимізацією значень x^{N-k} , для $k=1, 2, \dots, N$, що призводить до результатів $\tilde{x}^{N-1}, \tilde{x}^{N-2}, \dots, \tilde{x}^0$.

Розгляд нечіткої моделі планування стратегій функціонування РТС потребує введення нечітких множини $\tilde{X}, \tilde{D}, \tilde{S}$, що описують стани РТС, її рішення, стани РП, відповідно, при цьому:

$$\begin{aligned} \tilde{x}_i &\in \tilde{X}, \quad \tilde{X} = \{ \mu_0 / x_0, \mu_1 / x_1, \dots, \mu_{n-1} / x_{n-1} \}, \\ \tilde{d}_i &\in \tilde{D}, \quad \tilde{D} = \{ \mu_0 / d_0, \mu_1 / d_1, \dots, \mu_{n-1} / d_{n-1} \}, \\ \tilde{s}_i &\in \tilde{S}, \quad \tilde{S} = \{ \mu_0 / s_0, \mu_1 / s_1, \dots, \mu_{n-1} / s_{n-1} \} \end{aligned}$$

Нечіткість (або чіткість) визначається непевністю інформації про стан РТС (важко визначити придатність схвата робота до

захоплення деталі, зчепленням коліс з поверхнею та їх станом, станом батарей тощо). Нечіткість простору визначається неповною інформацією про його спостереження (похибки сенсорів та системи технічного зору), непевністю змін простору.

Дискретний стан простору визначатиме простір у вигляді матриці

$$S = \begin{bmatrix} \mu_0^0 / S_0^0 & \mu_0^1 / S_0^1 & \dots & \mu_0^{m-1} / S_0^{m-1} \\ \mu_1^0 / S_1^0 & \mu_1^1 / S_1^1 & \dots & \mu_1^{m-1} / S_1^{m-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{n-1}^0 / S_{n-1}^0 & \mu_{n-1}^1 / S_{n-1}^1 & \dots & \mu_{n-1}^{m-1} / S_{n-1}^{m-1} \end{bmatrix}$$

У роботах з систем комп'ютерного зору широко використовується метод подання траєкторій ланцюговим кодом кодом Фрімена [2], приклад подання кривої показаний на рисунку 1. В даному випадку крива кодуватиметься як 34445670007654443.

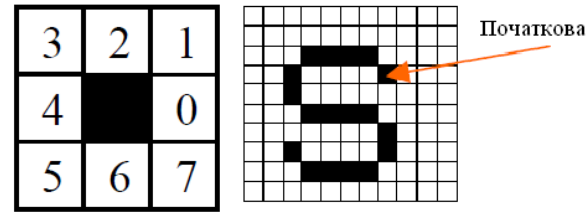


Рис. 1 – Код Фрімена та подання кривої у системі подання візуальної інформації [4]

Аналогічно стан ділянок простору, що безпосередньо оточують поточне положення робота описується вектором розмірності 9:

$$\tilde{S} = \{ \mu_0 / s_0, \mu_1 / s_1, \dots, \mu_8 / s_8 \},$$

Аналогічно визначаються рухи робота:

$$\tilde{M}v = \{ \mu_0 / mv_0, \mu_1 / mv_1, \dots, \mu_8 / mv_8 \},$$

Маніпуляції з об'єктами:

$$\tilde{M}p = \{ \mu_0 / mp_0, \mu_1 / mp_1, \dots, \mu_{n-1} / mp_{n-1} \}.$$

Метою функціонування РТС є досягнення цільових станів \tilde{Y} або \tilde{S}^g , що можуть бути отримані в результаті покрокової еволюції станів РТС або РП:

$$\begin{aligned} \tilde{X}_0 \rightarrow \tilde{X}_1 \rightarrow \dots \rightarrow \tilde{X}_{n-1} \equiv \tilde{Y} \\ \text{або} \\ \tilde{S}_0 \rightarrow \tilde{S}_1 \rightarrow \dots \rightarrow \tilde{S}_{n-1} \equiv \tilde{S}^g \end{aligned}$$

Еволюція станів РТС і РП відбувається як результат застосування РТС певної стратегії рішення:

$$\begin{aligned} \tilde{D}_0 \rightarrow \tilde{D}_1 \rightarrow \dots \rightarrow \tilde{D}_{n-1} \equiv \tilde{D} \\ \text{або} \\ \tilde{D} = \bigwedge_{i=0}^n \tilde{D}_i \end{aligned}$$

і виражається у діях або маніпуляціях:

$$\begin{aligned} \tilde{A}_i = f(x_{i-1}, s_{i-1}, d_{i-1}), \\ \tilde{A}_i = \tilde{M}v_i \vee \tilde{M}p_i, \end{aligned}$$

Обмеження:

$$\|\tilde{A}_i - \tilde{A}_{i-1}\| = \mu_i(A_i) - \mu_{i-1}(A_{i-1}) \leq \varepsilon_{ai},$$

$$\|\tilde{x}_i - \tilde{x}_{i-1}\| = \mu_i(x_i) - \mu_{i-1}(x_{i-1}) \leq \varepsilon_{xi},$$

$$\|\tilde{s}_i - \tilde{s}_{i-1}\| = \mu_i(s_i) - \mu_{i-1}(s_{i-1}) \leq \varepsilon_{si}.$$

Невиконання обмежень внаслідок динамічного стану РП, недостатніх властивостей РТС вимагатиме переформулювання початкового плану рішень \tilde{D}^0 , який має компенсувати невиконання обмежень.

Кінцевий план складатиметься з елементів попередніх планів:

$$\tilde{D}^{final} = \tilde{D}^0 \cup \tilde{D}^1 \cup \dots \cup \tilde{D}^{k-1}$$

Теорія нечітких множин надає змогу описувати непевність станів робототехнічної системи і непевність у виборі дій на кожному кроці дискретного процесу планування стратегій [136, 137]. Процес прийняття рішень для нечіткої системи складатиметься з послідовності виконання дій в умовах нечітких властивостей системи.

$$\tilde{X}_0 * \tilde{D}_0 \Rightarrow \tilde{X}_1 * \tilde{D}_1 \Rightarrow \dots \Rightarrow \tilde{X}_{n-1} * \tilde{D}_{n-1} \Rightarrow \tilde{Y}_n$$

цьому кожна дія оцінюватиметься як нечітка змінна.

III. ВИСНОВКИ

Використання методів нечітких множин показує більш гнучкий і точний характер опису станів процесу планування стратегій, можливість детальної числової оцінки кожного кроку інтелектуальної роботизованої системи.

Розроблена модель планування стратегій на основі теорії нечітких множин, яка забезпечує опис планування стратегій в умовах непевності інформації про стан робототехнічної системи, непевності вибору дій на кожному кроці планування стратегій і на їх основі забезпечує оцінку альтернативних шляхів розв'язання завдань, що постають перед роботом.

Функціонування інтелектуальної системи керування роботом також перспективно розглядати з точки зору імовірності змін стану як робочого простору, так і самого стану робота. З точки зору багатостадійності завдань інтелектуальних систем керування роботами перспективним є підхід моделювання за допомогою марківських ланцюгів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Liu, Zhi. A Probabilistic Fuzzy Logic System for Modeling and Control [Текст] / Zhi Liu, Han-Xiong Li // IEEE Transactions on fuzzy systems. – 2005. – Vol. 13, No. 6. – P. 848-858.
- [2] Wolfer, James. Fuzzy logic control for robot maze traversal: An undergraduate case study [Текст] / James Wolfer, Chad A. George // World Congress on Computer Science, Engineering and Technology Education. – March 19 - 22, 2006, São Paulo, BRAZIL. – P. 46-50.
- [3] Бабич, Л.О. Использование методов нечеткой логики в процессе достижения противоречивых целей интеллектуальным мобильным роботом [Текст] / Л.О. Бабич. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 2. – С. 216 – 221.
- [4] Цимбал, О.М. Обчислення визначеності подій у деревах прийняття рішень [Текст] / О.М. Цимбал // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, Харьков. – 2009. – № 2/2 (38). – С. 28-31.