

УДК 004.20

Е.Н. Вишневецкая, А.А. Каргин

## НЕКОТОРЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИТУАЦИОННОГО АГЕНТА

### Введение

При разработке автоматизированных систем контроля и управления сложными технологическими объектами и техническими комплексами, которые включают подвижные единицы (городской транспорт, автоматические производственные линии и участки) возникает задача моделирования процесса во времени с учетом ряда возмущающих факторов. Системы моделирования этого класса реализуются на базе аппарата формальной логики, теории вероятностей [1] и массового обслуживания [2]. Однако, использование этих моделей при исследовании особых ситуаций в управлении затруднительно. Второй подход использует методы ситуационного управления [3].

В случае исследования динамических процессов, обладающих Марковскими свойствами, хорошо себя зарекомендовали модели одношагового ситуационного управления и принятия решений [3,4]. При моделировании динамических процессов, для которых необходимо учитывать последовательность принятия решений во времени, кроме методов программного управления, использующихся в детерминированной среде, предлагается использовать модель ситуационного логогена[5].

В работе используется модель ситуационного агента при нечеткой информации.

### Модель ситуационного агента

Ситуационный агент (СА) описывается пятеркой [5]:

$$([\Theta_{\sim in}]_t, [\Theta_{\sim sens}]_t, \overset{\sim}{\mathcal{E}}, [\Theta_{\sim stat}]_t, [\Theta_{\sim out}]_t), \quad (1)$$

где  $[\Theta_{\sim in}]_t$  - нечёткая характеристика активности контекстных

входов СА на момент времени  $t$ ;  $[\Theta_{\sim sens}]_t$  - нечёткая характеристика

активности сенсорных входов СА на момент времени  $t$ ;  $[\Theta_{\sim stat}]_t$  - нечёткая характеристика активности внутреннего состояния СА на момент времени  $t$ ;  $[\Theta_{\sim out}]_t$  - нечёткая характеристика активности выхода СА на момент времени  $t$ ;  $\check{\mathcal{S}}$  - нечёткий прототип ситуации.

В качестве характеристики нечёткой активности предложено нечёткое множество, определённое на универсальном множестве – нормированное значение активности -  $\theta \in [-1,+1]$

$$\Theta_{\sim} : \{\theta \mid \mu_{\Theta_{\sim}}(\theta), \forall \theta \in [-1,+1]\} \quad (2)$$

Функция принадлежности  $\Theta_{\sim}$  является кусочно-линейной и представляет унимодальное нормальное нечёткое множество [6] с ядром  $[b,c]$ .

Характеристика нечёткой активности выхода агента находится для каждого момента времени  $t+kT$  из соотношения:

$$[\Theta_{\sim out}]_{t+kT} = \begin{cases} [\Theta_{\sim cont}^{\Sigma}]_{t+kT} \oplus [\Theta_{\sim \rho}]_{t+kT}, & \text{если выполнено условие (4)} \\ 0_{\sim}, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (3)$$

где  $0_{\sim}$  - нечёткое множество - «идеально нейтральное значение активности»;

$[\Theta_{\sim cont}^{\Sigma}]_{t+kT}$  - активность, обусловленная контекстными входами;

$[\Theta_{\sim \rho}]_{t+kT}$  - близость прототипа события фактической ситуации.

Результат операции близости двух нечётких характеристик активности  $[\Theta_{\sim \rho}]_t = \rho([\Theta_{\sim 1}]_t, [\Theta_{\sim 2}]_t)$  - есть также нечеткое множество.

В работе [7] для интерпретации текстовой информации использована, так называемая, синхронная модель ситуационного агента, когда поток событий (появление очередного символа текста) синхронизирован во времени  $t, t+T, t+2T, \dots, t+kT, \dots$

Для рассматриваемого в работе приложения имеет место асинхронный поток событий (перемещение подвижных единиц подвержено возмущениям и сенсоры изменяют свои показания во времени с различными временными запаздываниями).

Для идентификации моментов времени, когда происходят такие события, предложено использовать условие:

$$\sum_{k=0}^2 \text{sign}([\Theta_{\sim\rho}^*]_{t-(k+1)T} - [\Theta_{\sim\rho}^*]_{t-kT}) \cdot 1 \geq 1 \quad (4)$$

$$\sum_{k=3}^5 \text{sign}([\Theta_{\sim\rho}^*]_{t-kT} - [\Theta_{\sim\rho}^*]_{t-(k+1)T}) \cdot 1 \geq 1$$

где  $\Theta_{\sim\rho}^*$  - центр тяжести нечеткого множества  $\Theta_{\sim\rho}$ , округленный до числа кратного 0.25.

Если условие выполнено, то  $k^* = -3$  в (3).

Данное условие определяет ситуацию, когда показания сенсоров во времени приближаются к прототипу, а затем отдаляются от него, например наезд и съезд подвижной единицы с датчика положения. На рис.1 изображен график изменения  $[\Theta_{\sim\rho}]$  во времени для иллюстрации такого случая. В момент времени  $kT$ ,  $k=8$  условие будет выполнено, что позволяет сделать вывод, что до момента времени  $k=5$  показания сенсоров приближались к прототипу, а после отдалялись от него.

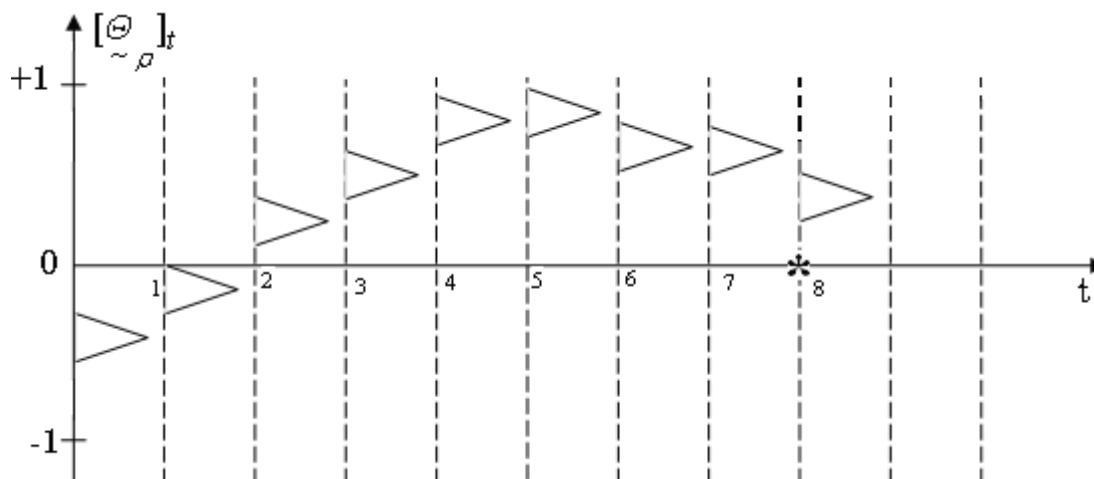


Рисунок 1 – Пример изменения  $[\Theta_{\sim\rho}]$  во времени

В статье описаны результаты моделирования ситуационного агента в условиях асинхронного потока событий и исследовано влияние временных характеристик потока асинхронных событий.

### Исследование характеристик ситуационного агента

Для исследования таких характеристик агента как близость прототипа ситуации показаниям сенсоров  $\Theta_{\sim \rho}$  и выход агента  $\Theta_{\sim out}$  был проведен компьютерный эксперимент по расчету этих величин. Объектом исследования являлся отдельный ситуационный агент с количеством сенсорных входов  $n$  и одним контекстным входом.

Для упрощения изложения нечеткие характеристики активности иллюстрируются с помощью нечетких множеств, в которых  $a=b=c=d$ .

Прототип ситуации построен на показаниях  $n$  сенсоров, например,

$$(\{\check{\Theta}_{\sim sens_i} = (0.95, 0.95, 0.95, 0.95, \dots)\}_{i=1}^n)$$

Эксперимент проводился для  $n=2, 3, 4, 5$ .

Показания каждого из сенсорных входов последовательно изменяются от значения  $(-1, -1, -1, -1)$  до значения  $(+1, +1, +1, +1)$  с шагом  $0.25$  за один такт времени  $T$ , а затем обратно с шагом  $-0.25$ . При этом была введена такая характеристика, как рассогласование во времени в показаниях сенсоров  $r = 0, 0.25, 0.5, \dots, 2$ . Значение контекстного входа для каждого эксперимента изменялось от  $(-1, -1, -1, -1)$  до  $(+1, +1, +1, +1)$  с шагом  $0.5$ .

Компьютерные эксперименты показали, что выходной сигнал СА формируется при  $r=0, 0.25, 0.5$  в случае с двумя сенсорными входами, а с более чем двумя, только при  $r=0$ . Значение параметра  $r$  характеризует «степень асинхронности» изменения сенсоров при изменении ситуации и полученные результаты говорят о высокой чувствительности модели СА к помехам, приводящим к рассогласованию показаний датчиков. Поэтому было предложено изменить условие (4): идентификация события разбита на две фазы:

1) Первая фаза описывает, когда ситуация приближается к прототипу и остается близкой к нему. Она идентифицируется условием:

$$\sum_{k=0}^2 \text{sign}([\Theta_{\sim \rho}^*]_{t-(k+1)T} - [\Theta_{\sim \rho}^*]_{t-kT}) \cdot 1 \geq 1 \quad (5)$$

$$\sum_{k=3}^5 \text{sign}([\Theta^*]_{t-kT} - [\Theta^*]_{t-(k+1)T}) \cdot 1 = 0$$

2) Вторая фаза описывает случай, когда ситуация была близкой прототипу, а затем отдаляется от него.

$$\sum_{k=0}^2 \text{sign}([\Theta^*]_{t-(k+1)T} - [\Theta^*]_{t-kT}) \cdot 1 = 0 \quad (6)$$

$$\sum_{k=3}^5 \text{sign}([\Theta^*]_{t-kT} - [\Theta^*]_{t-(k+1)T}) \cdot 1 \geq 1$$

Результаты компьютерных экспериментов показали, что для такой модели выходной сигнал формируется для более широкого диапазона  $\tau$ , а именно для случая (5) - при всех  $\tau$  для любого количества сенсоров, а для случая (6) результаты представлены в таблице 1

Таблица 1

Результаты компьютерного эксперимента для случая (6)

Диапазон рассогласования $\tau$	Количество сенсоров $n$
0.25 .. 2	2
0..1.75	3
0.. 0.75	4
0.. 0.5	5

### Выводы

В приложениях искусственного интеллекта часто приходится решать задачу моделирования и интерпретации потока событий, каждое из которых может быть определено на множестве свойств. Изменение этих свойств во времени носит асинхронный характер и идентификация моментов времени наступления событий по этой причине становится затруднительной.

Предложенный математический аппарат ситуационного агента решает задачу идентификации событий, у которых модель события в виде прототипа ситуации строится на множестве асинхронно изменяющихся свойств. Компьютерные эксперименты показали достаточно высокий уровень устойчивости процедуры идентификации событий при значительных рассогласованиях динамических характеристик.

Дальнейшее направление работы связано с исследованием характеристик цепочки взаимодействующих ситуационных агентов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Вильямс, 2006. -1408 с.
2. Шульга Ю.Н. Элементы теории объёмных стохастических сетей массового обслуживания и её приложения.-Киев: Наукова Думка, 1990. - 156с.
3. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986.–288с.
4. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. - М.: Наука, 1990 – 272с.
5. Каргин А.А., Петренко Т.Г. Формализация моделей когнитивной психологии на основе технологии ситуационных интеллектуальных машин (Часть 1) // Вісник Донецького національного університету. Серія А.- 2006. - №2 – с.342-348.
6. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH.// СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736с.
7. Ломонос Я.Г. Терминологическая разметка текста в автоматизированной системе интеллектуальной обработки текстовой информации. // Штучний інтелект. 3’2006. ПІІ МОН НАН України «Наука і освіта», 2006.

Получено 07.03.2008 г.