УДК 004.04+004.4242

ЯСІНСЬКИЙ В.В.,
БОЛДАК А.О.

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ "КОНФЛІКТНИХ" СИТУАЦІЙ В СКЛАДНИХ ЛЮДИНОМІРНИХ СИСТЕМАХ

В роботі розглянуто підхід до моделювання «переговорних» процесів, спрямованих на досягнення компромісу інтересів між учасниками соціальних процесів за допомогою ієрархічних ігор Гермейєра-Мойсєєва, розроблено методи та відповідні програмні засоби імітаційного моделювання «переговорних» процесів для достатньо широкого класу ігор: ігри з близькими інтересами, біматричні, білінійні та коаліційні ігри, ігри з неповною інформованістю учасників, ігри з забороненими ситуаціями, ігри з побічними платежами та інші. Розглянуто застосування методів моделювання «конфліктних» ситуацій на прикладі великої навчальної системи.

The article analyses an approach to simulation of "negotiation" processes aimed at reaching a compromise by the participants of social negotiations with the help of hierarchical games of Germeier-Moijseev. It gives the description of the methods and the relevant software means for simulations of negotiation processes developed for a wide range of games: games on close interests, bimatrix games, bilinear and coalition games, games with partly informed participants, games with prohibited situations, games with secondary payments etc. The application of the methods for simulations of "conflict" situations on the example of large education system is given.

Вступ

Складність управління великими колективами людей в межах будь-якої сфери діяльності визначається, в першу чергу, тим, що спільна діяльність носить ознаки соціального процесу, а сам колектив необхідно розглядати з позицій великої соціальної системи, тобто такої, що складається з взаємопов'язаних та взаємодіючих підсистем, кожна з яких може розглядатися як складна система [1].

Стійкі відносини, що складаються в такій системі та визначають роль і принципи поведінки кожного з учасників процесу, є певним компромісом інтересів, який досягається як між окремими людьми, так і між їх групами, утвореним за ознаками спільних інтересів.

Особливістю таких людиномірних систем є те, що можливим засобом вирішення «конфліктів» є «переговорний» процес, результатом якого є досягнення певного компромісу між його учасниками.

Одним із прикладів таких людиномірних систем є велика навчальна система (рис.1), що складається з соціального оточення (підсистема S_1), студентського (S_2) та викладацького (S_3) середовищ, а також інформаційно-діагностичної підсистеми моніторингу якості знань (S_4), між якими здійснюється інформаційний взаємовплив [2].

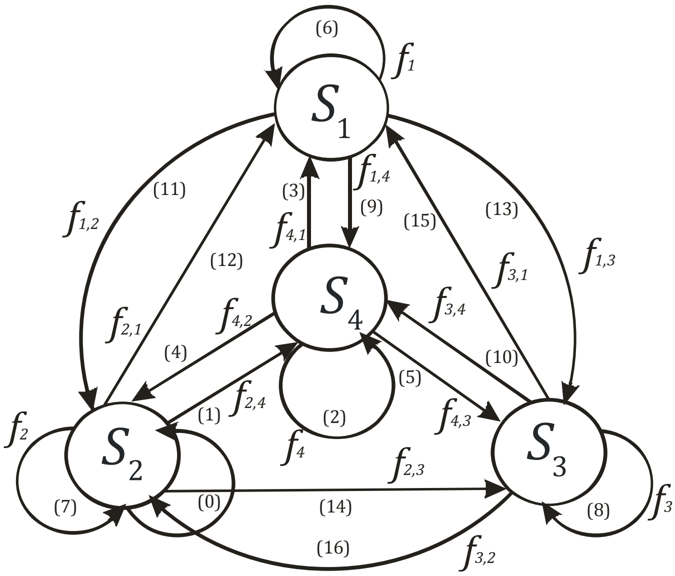

Рис.1. Велика навчальна система.

Ключовою компонентою загальної математичної моделі еволюції знань у великій навчальній системі є функція f (складова функції реакції системи), яка формально задається як деяка суперпозиція $\mathcal{K}$ функцій $f_{1,1} \in F_{1,1}$, $f_{1,2} \in F_{1,2}$, $f_2 \in F_2$, $f_3 \in F_3$:

$$f = \mathcal{K}\left(f_{1,1}, f_{1,2}, f_2, f_3\right).$$

На практиці функції $f_{1,1}$, $f_{1,2}$, f_2, f_3, як правило, не є заданими a priori, а формуються в результаті прийняття рішень у відповідних багатоетапних переговорних процесах із заданими пріоритетами, інтересами, правами та можливостями їх учасників. Тому побудова та аналіз адекватних математичних моделей таких процесів є важливим і необхідним етапом, який передує побудові розширеної математичної моделі еволюції знань у великій навчальній системі.

Мета роботи полягає у підвищенні адекватності моделювання процесів накопичення та зберігання знань у великій навчальній системі за рахунок розробки та використання методів та відповідних програмних засобів моделювання «переговорного» процесу, спрямованого на розв'язання «конфліктних» ситуацій між групами учасників навчального процесу.

Моделювання «конфліктних» ситуацій за допомогою ієрархічних ігор Гермейєра-Мойсеєва

Адекватним математичним інструментарієм моделювання таких переговорних процесів є теорія ігор з ієрархічною структурою Гермейєра-Мойсеєва та методологія максимального гарантованого результату [3-7].

Нехай метою учасників $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ є збільшення своїх функцій виграшу $H_1(x_{1,1}, x_{1,2}, x_2, x_3)$, $H_2(x_{1,1}, x_2, x_3)$ і $H_3(x_{1,2}, x_2, x_3)$, неперервних на добутку компактів $X_{1,1}$, $X_{1,2}$, X_2, X_3, $x_{1,1} \in X_{1,1}$, $x_{1,2} \in X_{1,2}$, $x_2 \in X_2, x_3 \in X_3$.

Нехай $X_i, i = \overline{1,3}$ – множина вибору учасника α_i, де $X_1 = X_{1,1} \times X_{1,2}$. Визначимо n- раундовий переговорний процес $Q \in \tilde{\mathbf{Q}}$, результатом якого є вибір його учасниками $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ елементів:

$$x_{1,1} \in X_{1,1}, x_{1,2} \in X_{1,2}, x_2 \in X_2, x_3 \in X_3,$$

як пару:

$$Q \equiv \left(P, I_0\right),$$

де $I_0 = \left(I_{0,1}, I_{0,2}, I_{0,3}\right)$, $I_0 \in \tilde{\mathbf{I}}$ – початкова інформованість учасників α_1, α_2, α_3, а $P = \left\{\left(k_0(i), \tilde{S}_{k_0(i),i}\right)\right\}_{i=\overline{1,n}}$, $P \in \tilde{\mathbf{P}}$ – сценарій переговорного процесу ($k_0(i)$ – номер учасника, якому надається право ходу в і-му раунді; $\tilde{S}_{k_0(i),i}$ – множина допустимих локальних стратегій учасника $\alpha_{k_0(i)}$ в і-му раунді).

Кожній локальній стратегії:

$$\tilde{s}_{k_0(i),i} \in \tilde{S}_{k_0(i),i}$$

відповідає певна однозначно визначена дія учасника $\alpha_{k_0(i)}$ в і-му раунді, а саме: вибір ним за певним правилом деякого елемента $x_{k_0(i)} \in X_{k_0(i)}$ або передача одному з учасників деякої інформації.

Глобальною стратегією $\tilde{S}_k$ учасника α_k в переговорному процесі Q назвемо впорядкований набір всіх його локальних стратегій:

$$\tilde{s}_k = \left(\tilde{s}_{k,k_1}, \tilde{s}_{k,k_2}, \ldots, \tilde{s}_{k,k_{\delta(k)}}\right) \in \\ \in \tilde{S}_{k,k_1} \times \tilde{S}_{k,k_2} \times \ldots \times \tilde{S}_{k,k_{\delta(k)}},$$

де

$$\delta(k) = card\left\{1 \le m \le n : k_0(m) = k\right\} \equiv \\ \equiv \left\{k_1, k_2, \ldots, k_{\delta(k)}\right\}, k_1 < k_2 < \ldots < k_{\delta(k)}.$$

В подальшому будемо вважати, що кожен з учасників α_k вибором своєї глобальною стратегією $\tilde{s}_k \in \tilde{S}_k$ намагається максимізувати свій виграш, виходячи з того, що всі наступні учасники будуть діяти так, щоб вибором своїх глобальних стратегій $\tilde{s}_k \in \tilde{S}_k, k \ne m, k, m = \overline{1,3}$ максимізувати свої виграші в умовах, визначених всіма попередніми виборами (принцип максимального гарантованого результату).

Нехай $\varphi_{1,1}, \varphi_{1,2}, \varphi_2, \varphi_3$ задані однозначні відображення:

$$\varphi_1 : X_{1,1} \times X_{1,2} \to F_{1,1} \times F_{1,2},$$
$$\varphi_2 : X_2 \to F_2, \varphi_3 : X_3 \to F_3.$$

Тоді ігрову процедуру $\boldsymbol{G}$ колективного формування учасниками $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ функції f можна визначити наступним чином:

$\boldsymbol{G} := \left\langle \{X_i\}, \{H_i\}, \{F_i\}, I_0, P, \{\varphi_i\}, \mathfrak{K} \right\rangle, i = \overline{1,3}$, де $X_1 = X_{1,1} \times X_{1,2}; F_1 = F_{1,1} \times F_{1,2}$.

Сценарій задається, як послідовність подій двох типів: вибір учасником гри своєї функції реакції та передача іншим учасникам інформації про множини вибору та критерії виграшу. При цьому інформація, яка передається, може стосуватися як самого учасника, який здійснює цю дію, так і інших учасників гри.

На рис.2 зображена відповідна структурна схема, в якій сценарій визначено як послідовність примірників, що реалізують програмний інтерфейс «Подія».

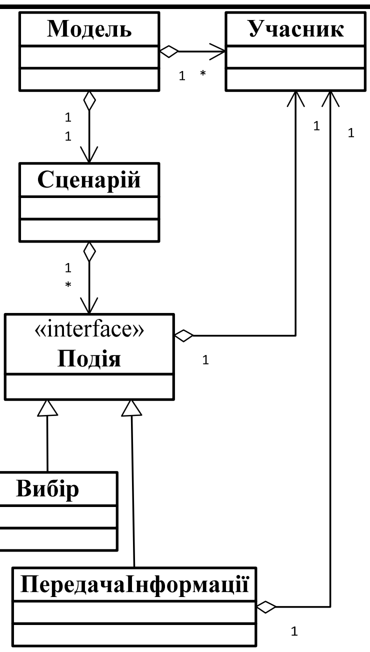

Рис.2. Структурна схема класів сценарію та подій.

В рамках інтерфейсу «Подія» наявне посилання на примірник учасника, якому передається подія. З подією передачі інформації асоціюється ще одне посилання на примірник учасника – приймача інформації.

Загальний алгоритм моделювання n-раундової ігрової процедури полягає у послідовній вибірці з сценарію чергової події та передачі її учаснику-обробнику події. В результаті виконання цього алгоритму для кожного з учасників визначається вибраний ним елемент $x_{\alpha_i,j} \in X_i$.

Обробка події вибору $x_{\alpha_i,j}$ учасником $\alpha_i,\ i=\overline{1,n}$ (n – кількість учасників гри) в раунді $j,\ j=\overline{1,k}$ (k– кількість раундів ігрової процедури) пов'язана з рішенням оптимізаційних задач:

$$H_{\alpha_i,j} = \max_{x_i \in X_i, I_{i,j}} \left(H_i(\cdot)\right),$$

$$x_{\alpha_i,j} = arg \max_{x_i \in X_i, I_{i,j}} \left(H_i(\cdot)\right),$$

$$f_{\alpha_i,j} = \varphi_i(x_{\alpha_i,j}).$$

де $H_{\alpha_i,j}$– значення максимального гарантованого результату учасника α_i в j-ому раунді; $H_i(\cdot)$– функція виграшу учасника α_i; X_i– його множина вибору, $I_{i,j}$– інформованість i-ого учасника в j-ому раунді, $x_{\alpha_i,j}$– вибраний в j-ому раунді учасником α_i елемент з X_i, що забезпечує максимальний гарантований результат.

Інформованість $I_{i,j}$ учасника α_i j-ому раунді включає всю доступну для нього інформацію, яка може бути використана для вибору власної функції реакції, що максимізує його виграш. До такої інформації належать відомості про критерії виграшу кожного з учасників – $H_i(\cdot),\ i=\overline{1,n}$ та відомості про можливий вибір кожного з них до початку $j+1$-ого раунду – $X_{\alpha_i,j} \in X_i$. Таким чином, інформованість можна подати в вигляді:

$$I_{i,j} = \left\langle H_1(\cdot), H_2(\cdot), ..., H_n(\cdot), X_{\alpha_1,j}, X_{\alpha_2,j}, ..., X_{\alpha_n,j} \right\rangle$$

Обробка події «Передача інформації» учасником α_i пов'язана з формуванням інформації $I_{i,j}$ та її передачею учаснику-приймачу. При цьому інформація, яка передається може містити неповні та (або) спотворені дані про вибір функцій реакції учасників гри.

З цієї причини, в структуру класів, які відповідають за поведінку учасника, зображену на рис.3, введені додаткові інтерфейси «Вибір» та «Передача», які дозволяють змінювати поведінку учасника за рахунок параметричного налаштування відповідного примірника класу «Учасник» реалізаціями цих інтерфейсів.

Також, для моделювання інформації, доступної учаснику гри, введені інтерфейси «Критерій» та «Функція», що дає змогу задавати множини критеріїв виграшу та функцій вибору за допомогою параметрів.

Загальний інтерфейс «Елемент» використано в структурній схемі з метою реалізації гетерогенної колекції об'єктів «Множина».

Такі структурні схеми класів забезпечують можливості зміни критеріїв виграшу під час гри, участь в грі багатьох однотипних учасників, моделювання учасників із змінною поведінкою тощо.

На етапі налаштування моделі перед початком моделювання для кожного з учасників гри задається інформація:

$$I_{i,0} = \left\langle H_1(\cdot), H_2(\cdot), ..., H_n(\cdot), X_{1,0}, X_{2,0}, ..., X_{n,0} \right\rangle,$$

$$X_{i,0} = X_i, i=\overline{1,n}.$$

А в процесі обробки сценарію, для кожного учасника інформація:

$$I_{i,j} = \left\langle H_1(\cdot), H_2(\cdot), ..., H_n(\cdot), X_{\alpha_1,j}, X_{\alpha_2,j}, ..., X_{\alpha_n,j} \right\rangle,$$

$$X_{\alpha_1,j} \subseteq X_i$$

формується за рахунок виконання параметрично заданих алгоритмів вибору реакції та передачі інформації.

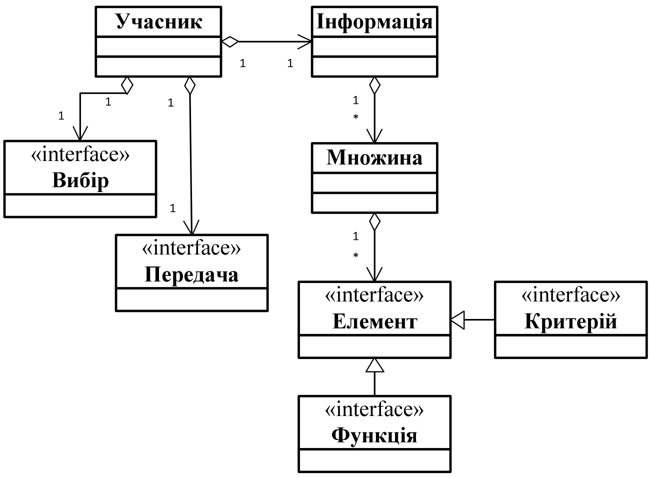

Рис.3. Структурна схема класів, що відповідають за обробку подій.

Така схема формування інформації дозволяє враховувати неоднорідність компонент великої навчальної системи при визначенні функцій:

$$f_{1,1} \in F_{1,1}, f_{1,2} \in F_{1,2}, f_2 \in F_2, f_3 \in F_3 .$$

Якщо множину учасників A, яка репрезентує студентське середовище, розбити на підмножини (кластери) $\mathrm{A}_1, \mathrm{A}_2, ..., \mathrm{A}_n$, $\mathrm{A}_i \cap \mathrm{A}_j = \varnothing,\ i, j = \overline{1,n},\ i \neq j$, $\bigcup_{i=1}^{n} \mathrm{A}_i = \mathrm{A}$, такі, що їх представники $\alpha_{3,i}, i = \overline{1,n}$ мають поведінку, спільну для всіх представників відповідних кластерів, то для визначення функції f_3 можна змоделювати гру з близькими інтересами учасників $\alpha_{3,i}, i = \overline{1,n}$, для яких вибір здійснюється з множини F_3, проте кожен з них має свій критерій виграшу $H_{3,i}$.

Тоді функцію f_3 можна подати як композицію $\mathcal{K}\left(w_1 f_{3,1}, w_2 f_{3,2}, ..., w_n f_{3,n}\right)$, в якій вагові коефіцієнти пропорційні потужності відповідних кластерів: $w_i = \left|\mathrm{A}_i\right| / \left|\mathrm{A}\right|$.

Кількісна оцінка «конфліктності» ситуації

Моделювання ігор з ієрархічною структурою фактично дозволяє досліджувати вплив мотивацій на формування загальної функції реакції системи. Але умова досягнення максимального гарантованого результату та наявність пріоритетів створюють обмеження на вибір функцій $f_{1,1} \in F_{1,1}, f_{1,2} \in F_{1,2}, f_2 \in F_2, f_3 \in F_3$ учасниками (лише учасник на найвищому рівні ієрархії здійснює вибір без додаткових обмежень, тобто в умовах інформованості I_0). Такі обмеження вибору можуть сприйматися, як певна «несправедливість» по відношенню до учасників гри, та інтерпретуватися, як джерело зародження конфлікту. Кількісною оцінкою «несправедливості» по відношенню до учасника $\alpha_i, i = \overline{1,3}$, породженої обмеженням вибору, може слугувати відношення:

$$K_i = 1 - \frac{H_i(\cdot, P, I_j)}{H_i(\cdot, I_0)},$$

де $H_i(\cdot, P, I_j)$ – значення максимального гарантованого результату для учасника α_i, якщо реалізується сценарій P, а сам учасник здійснює вибір в j – ому раунді; $H_i(\cdot, I_0)$ – значення максимального гарантованого результату для учасника α_i для того випадку, коли відсутні обмеження на його вибір, обумовлені сценарієм P (тобто вибір здійснюється при умови інформованості I_0). Якщо $K_i \geq K_{кр}$, можна говорити про те, що учасник α_i є потенційним «ініціатором» конфлікту.

Кількісною оцінкою «конфліктності» ситуації у великій навчальній системі, породженої переговорним процесом, який здійснюється за сценарієм P, може слугувати величина $K = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} K_i$.

Величини K можна використовувати в якості критерію при вирішенні оптимізаційної задачі $P = arg\,\min_{p \in \mathcal{P}} K(p)$, рішення якої дозволяє знайти найменш «конфліктний» сценарій n-раундового переговорного процесу.

Висновки

Наведений приклад ієрархічної гри з трьома учасниками є безпосередньою моделлю переговорних процесів, що відбуваються у великій навчальній системі між учасниками, які презентують інтереси «соціального середовища» (верхній рівень ієрархії) та інтереси «студентського середовища» і викладацького середовища (нижні рівні ієрархії).

Однак розроблені структурні схема класів дозволяють отримати значення максимального гарантованого результату та множину вибору функцій реакції кожного з учасників в результаті n-раундового переговорного процесу для достатньо широкого класу ігор: ігри з близькими інтересами, біматричні, білінійні та коаліційні ігри, ігри з неповною інформованістю учасників, ігри з забороненими ситуаціями, ігри з побічними платежами та інші [3-7].

Розроблені програмні засоби моделювання ієрархічних ігор входять до складу інформаційної системи для збору, попередньої обробки та аналітичного опрацювання результатів моніторингу якості підготовки фахівців [8], яка використовується в Інституті моніторингу якості освіти НТУУ «КПІ».

Список літератури

1. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения.-ННП "Издательство "Наукова думка"", К.-2011.- 726 с.
2. Ясинский В. В. Исследование процессов самоорганизации в образовательных системах на основе метода синергетического моделирования [Текст]/ В. В. Ясинский // Кибернетика и системный анализ. – 2010. – №2. – с. 161 – 174.
3. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1975. 528 с.
4. Гермейер Ю.Б., Моисеев Н.Н. Введение в теорию иерархических систем управления. Math Operationsforschung und Statist., 1973, 4, 2, p.133-154.
5. Гермейер Ю.Б., Ватель И.А., Ерешко Ф.И., Кононенко А.Ф. Игры с непротивоположными интересами. В сб. "Труды Всесоюзной школы-семинара по управлению большими системами". Тбилиси, "Мецниереба", 1973, стр.88-136.
6. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. М.:Наука, 1976, 328с.
7. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1983.-512с.
8. Ясінський В.В. Інформаційна система для збору, попередньої обробки та аналітичного опрацювання результатів моніторингу якості підготовки фахівців [Текст]/ Ясінський В.В., Болдак А.О. // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: Век+, – 2012. – № 55. – с.68 -73.