

О. І. Прилипко¹
А. О. Овезгельдієв¹

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ ПОВЕДІНКОЮ ГРУПИ ЛЮДЕЙ

¹Житомирський державний технологічний університет

Запропонована модель управління поведінкою соціальної групи людей. Розглянуто приклад застосування такої моделі для визначення стратегії правильного використання деякого наявного ресурсу для максимізації впливу на цю поведінку.

Ключові слова: модель, управління, поведінка, група людей, індивідуум, критерій, корисність, надання переваги.

Вступ

Генеральний напрям розвитку кібернетики пов'язаний із синтезом управління великими системами різних класів. Одною з характерних особливостей таких систем є наявність в них груп людей. Залежно від розміру і функцій групи системи можна розділити на ергатичні і організаційні. У ергатичних системах превалює технічна частина, а функції групи людей обмежені, але в діяльності організаційних систем людина грає провідну функціональну роль. Прикладами останніх систем є місто, регіон, підприємство. Далі детально розглянемо організаційні системи.

Існує два підходи до вирішення проблеми управління організаційними системами. Перший підхід — розгляд групи людей як первинного ресурсу з деякими узагальненими функціональними і соціальними характеристиками без урахування динаміки їх зміни і можливості управління ними, а також без урахування їх особистих і групових цілей і активної цілеспрямованої поведінки для досягнення цих цілей. Через ці причини такий підхід на практиці показав свою обмеженість, а в багатьох випадках — принципову непридатність. Прогресивнішим і гнучкішим є підхід, у якому розгляд групи людей, що забезпечують функціонування системи, проводиться не тільки як первинний ресурс, але й як кінцевий продукт самої системи. Таким чином, необхідний зворотний зв'язок, що враховує вплив функціонування системи в цілому на кількісні, функціональні і соціальні характеристики групи. Якщо ставиться завдання їх цілеспрямованої зміни, то виникає глобальна проблема управління поведінкою групи людей. У зв'язку з цим необхідна розробка теоретичних основ і прикладних методів управління групою людей як одного з аспектів міждисциплінарної проблеми вдосконалення управління організаційними системами.

Аналіз досліджень і публікацій

Теоретичними основами і прикладними методами управління групою людей, як одного з аспектів міждисциплінарної проблеми вдосконалення управління організаційними системами, займалися М. Є. Степанцов, Р. В. Гребенніков, В. О. Корепанов та інші [1—3]. М. Є. Степанцов вивчав застосування дискретних моделей у випадку спрямованого руху групи людей [1], Р. В. Гребенніков досліджував оцінку ефективності різних моделей поведінки натовпів людей на підставі даних реальних спостережень [2], а В. О. Корепанов розробляв моделі управління групами людей розбиттям цих груп на підгрупи за різними ступенями рефлексивної поведінки [3].

Моделі конформної поведінки людей, тобто дій, за яких особи підкоряються правилам поведінки у соціальній групі, вивчали П. С. Краснощоків, В. В. Бреєр, Д. А. Новіков та А. Д. Рогаткін [4—8]. П. С. Краснощоків дослідив найпростішу ймовірнісну модель колективної поведінки та перевірів її на типових прикладах [4, 5]. В. В. Бреєр зробив огляд створених раніше математичних моделей конформної поведінки людей [6, 7], а в спільній з Д. А. Новіковим та А. Д. Рогаткіним книзі [8] розглянуто стохастичні та динамічні моделі управління натовпом з конформною поведінкою та моделі інформаційного протистояння.

Модель колективної поведінки людей в умовах нечіткої поведінки окремих індивідуумів досліджували В. І. Ухоботов та К. С. Міхайлова [9].

Важливе значення мають моделі поведінки людей в умовах паніки, тобто в екстремальних ситуаціях. Моделі руху скупченого потоку людей побудовані на механіці суцільного середовища вивчали С. Кірік, Т. Юргельян і Д. Круглов [10], а такі ж моделі руху на основі методів фізики складних систем досліджували Я. Андрусик, П. Черняк, А. Андрусик та інші [11—14].

Існує велика кількість різних ситуацій і умов, пов'язаних з поведінкою груп людей. Тому ця тематика потребує подальших досліджень.

Формулювання мети статті

Метою статті є побудова моделі управління поведінкою соціальної групи людей. Група людей як об'єкт управління має особливості, пов'язані з кількісними і якісними характеристиками групи і системи, в яку вона входить. Управління групами здійснюється як управління елементами технічної або економічної системи, тобто функціональними характеристиками і одночасно елементами соціальної системи, тобто соціальними параметрами. У загальній постановці зазначені аспекти зводяться до проблеми управління поведінкою групи людей шляхом зміни зовнішніх інформаційного, економічного, соціального середовищ. Можливі два випадки: пасивної і активної поведінки. У першому з них зміна навколишнього середовища безпосередньо впливає на поведінку індивідуума. За активної поведінки дійсність спочатку відображається у свідомості людини, а потім на цій основі нею приймаються рішення, що зумовлюють її поведінку [15].

Викладення основного матеріалу

Головними етапами процесу управління групою є: формування множини альтернатив можливої поведінки індивідуумів; встановлення альтернативи, екстремізуючої цільової функції системи; забезпечення реалізації за пасивної поведінки або вибору шляхом підвищення привабливості за активної поведінки потрібної альтернативи, тобто власне сам процес управління поведінкою.

Під поведінкою індивідуума будемо розуміти вибір і реалізацію деякої альтернативи з допустимої множини [16].

Теоретичною основою формування багатокритеріальних скалярних оцінок є теорія корисності, яка передбачає існування кількісної оцінки надання переваги рішенням. Це означає, що якщо рішення $x, y \in X$ і $x \succ y$ (x краще y), то $P(x) > P(y)$, де $P(x)$, $P(y)$ — функції корисності. При цьому виникає задача обґрунтування метрики, за якою формується функція корисності у просторі часткових критеріїв $k_i(x)$ [16]

$$P(x) = G[k_i(x)], \quad i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Принциповим є те, що об'єктивної метрики не існує, а принцип ранжування рішень відображає надання переваги конкретною особою, що приймає рішення (ОПР). Таким чином, теорія корисності та вибір конкретного виду функцій корисності (оператора G) носить аксіоматичний характер, причому аксіоматика відображає надання переваги конкретною ОПР. У зв'язку з цим може виникнути сумнів в доцільності реалізації конструктивного підходу. Але слід врахувати, що формалізація процесу ранжування рішень, по-перше, допомагає ОПР усвідомити свої вподобання, тобто провести інтроспективний аналіз або ідентифікувати їх будь-якими методами [16]. А по-друге, після вибору метрики оцінка всіх $x \in X$ здійснюється в одному базисі, ця оцінка кількісна, а не якісна, а процедура оцінки може реалізовуватися без участі ОПР, в тому числі і за допомогою комп'ютера, і її можна поширити на різні подібні ситуації і X . Таким чином, відкривається можливість автоматизації процесів прийняття рішень. При цьому зазначимо, що це одна з центральних проблем теорії штучного інтелекту.

Приймемо таку математичну модель формування поведінки. Нехай задана деяка допустима множина альтернативних поведінок X . Кожне рішення $x \in X$ має для індивідуума деяку корисність $P(x)$. Тоді індивідуум реалізує таку поведінку x^0 , для якого максимізується функція індивідуальної корисності

$$x^0 = \arg \max_{x \in X} P(x). \quad (2)$$

У такій постановці задача управління поведінкою може бути інтерпретована як задача максимізації корисності деякої конкретної альтернативи $x \in X$.

У загальному випадку кожна альтернатива $x \in X$ характеризується деяким n -мірним набором різномірних характеристик (факторів). Для простоти, але без втрати загальності припустимо, що всі характеристики виміряні в кількісних шкалах, тобто мають чисельні значення. Такі кількісні оцінки окремих характеристик назовемо частковими критеріями (факторами) оцінки якості (привабливості) альтернативи x і позначимо $k_i(x)$, $i = \overline{1, n}$. Тоді функція корисності $P(x)$ є деякою узагальненою оцінкою всіх чисельних критеріїв [16]

$$P_j(x) = F_j[\lambda_i, k_i(x)], \quad (3)$$

де λ_i — оцінка важливості часткового i -го критерію; F_j — оператор, який визначає вид залежності.

У більшості випадків за узагальнену функцію корисності використовують адитивну функцію

$$P(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i k_i(x), \quad (4)$$

де λ_i — коефіцієнти, що зводять до ізоморфного виду різні за розмірністю та інтервалом вимірювання часткові характеристики (критерії) $k_i(x)$. Зручнішою для використання та інтерпретації є функція виду

$$P(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i p_i[k_i(x)], \quad (5)$$

де $\alpha_i \left(0 \leq \alpha_i \leq 1, \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \right)$ — безрозмірні коефіцієнти відносної важливості часткових характеристик; $p_i[k_i(x)]$ — ізоморфна функція корисності часткових критеріїв. В якості такої функції в подальшому будемо використовувати функцію виду [17]

$$p_i[k_i(x)] = \left[\frac{k_i(x) - k_{iw}}{k_{ib} - k_{iw}} \right]^{\beta_i}. \quad (6)$$

де k_{ib} і k_{iw} — відповідно, найкраще і найгірше значення критерію $k_i(x)$ на всій множині допустимих розв'язків x . Така функція безрозмірна, має обмежений інтервал вимірювання від 0 до 1, інваріантна до виду екстремуму. Вона дозволяє реалізувати як лінійні, так і нелінійні залежності часткової корисності від значення критерію (якщо $\beta_i = 1$ — лінійна, $0 < \beta_i < 1$ — опукла вгору, $\beta_i > 1$ — опукла вниз залежність).

Коефіцієнти відносної важливості α_i та коефіцієнти нелінійності функції (6) β_i відображають переваги конкретного j -го індивідуума. Тоді модель поведінки j -го індивідуума має вигляд

$$x_j^0 = \arg \max_{x \in X} \sum_{i=1}^n \left[\alpha_{ij} \left(\frac{k_i(x) - k_{iw}}{k_{ib} - k_{iw}} \right)^{\beta_{ij}} \right]. \quad (7)$$

В основі концепції управління поведінкою однорідної соціальної групи людей лежить припущення, що для її членів існує деяка «раціональна» поведінка. Це означає, що члени такої групи реалізують однакові поведінки в подібних умовах. З формальної точки зору вони мають однакові або близькі за значенням вагові коефіцієнти переваги α_{ij} і параметри нелінійності β_{ij} . Позначимо усереднені за множиною індивідуумів однорідної соціальної групи значення вагові коефіцієнти і параметри нелінійності як $\alpha_i^{\text{сеп.}}$ і $\beta_i^{\text{сеп.}}$. Тоді модель соціальної групи буде мати вигляд

$$x^0 = \arg \max_{x \in X} \sum_{i=1}^n \left[\alpha_i^{\text{сеп.}} \left(\frac{k_i(x) - k_{iw}}{k_{ib} - k_{iw}} \right)^{\beta_i^{\text{сеп.}}} \right]. \quad (8)$$

Таким чином, моделі управління індивідумом і групою відрізняються тільки значеннями параметрів α_i і β_i . Тому в подальшому не будемо їх розрізняти і опустимо індекси « j » і «сеп.». Отже, управління полягає в максимізації корисності бажаної альтернативи. У такій постановці управління поведінкою має два аспекти:

- управління наданням переваг (α_i і β_i);
- управління характеристиками, тобто значеннями $k_i(x)$ конкретної альтернативи.

Перший аспект пов'язаний в основному з інформаційним впливом на людину або групу (інтернет, реклама, агітація, засоби масової інформації, популярна і спеціальна література), спрямованим на зміну або корекцію його надання переваг, таким чином, щоб підвищити привабливість бажаної альтернативи без зміни її об'єктивних характеристик. Надалі в цій статті інформаційний аспект управління не розглядається. Це означає, що значення показників надання переваг α_i і β_i передбачаються незмінними і заданими у вигляді детермінованих кількісних значень. У цьому випадку управління поведінкою можливе тільки шляхом зміни об'єктивних характеристик альтернативи. Сформулюємо таку задачу.

Нехай є деяка кількість ресурсу (наприклад, грошей) M . Припустимо, що використовуючи цей ресурс, можна змінити значення будь-якого з часткових критеріїв альтернативи $k_i(x)$, при цьому відома функціональна залежність

$$\Delta k_i(x) = f_i(m_i), \quad (9)$$

де m_i — кількість ресурсів, що використовується для зміни критерію $k_i(x)$; f_i — оператор перетворення. Тоді функція корисності будь-якого часткового критерію для альтернативи x , в залежності від m_i , матиме вигляд

$$p_i[k_i(x)] = \left[\frac{[k_i(x) + f_i(m_i)] - k_{iw}}{k_{ib} - k_{iw}} \right]^{\beta_i}. \quad (10)$$

Так як значення k_{ib} і k_{iw} , для фіксованої множини розв'язків X є константами, введемо позначення: $k_{iw} = b_i$ та $k_{ib} - k_{iw} = c_i$. З урахуванням цього

$$p_i[k_i(x)] = \left[\frac{1}{c_i} (k_i^S(x) + f_i(m_i)) - \frac{1}{c_i} b_i \right]^{\beta_i} = [\mu_i f_i(m_i) + \phi_i]^{\beta_i}, \quad (11)$$

де $\mu_i = \frac{1}{c_i}$, а $\phi_i = \mu_i [k_i^S(x) - b_i]$. Тут $k_i^S(x)$ — початкове (до управління) значення критерію. Підставляючи (11) в (5), отримуємо:

$$P(x) = \sum_{i=1}^n a_i [\mu_i f_i(m_i) + \phi_i]^{\beta_i}. \quad (12)$$

Завдання управління полягає у визначенні стратегії використання ресурсу M , щоб максимізувати привабливість заданої альтернативи $x \in X$, тобто

$$\sum_{i=1}^n a_i [\mu_i f_i(m_i) + \phi_i]^{\beta_i} \rightarrow \max_{m_i \in M}, \quad (13)$$

за умов $m_i \leq m_{i \max}$ і $\sum_{i=1}^n m_i \leq M$.

Обернена задача формулюється так. Визначити мінімальну кількість ресурсу M і стратегію його використання, для того щоб забезпечити екстремальну привабливість конкретної альтернативи $x \in X$ за умови фіксованої множини X , тобто

$$\sum_{i=1}^n m_i \rightarrow \min_{m_i \in M}, \quad (14)$$

за умов $m_i \geq m_{i \min}$, $P(x^0) \geq P(x)$, $\forall x \in X$.

Розглянемо докладніше задачу (13). Будемо вважати, що залежність (9) є гладкою, монотонною, неспадною і може бути, в конкретних випадках, лінійною або нелінійною, опуклою вгору або вниз залежністю. Апроксимуємо її функцією виду

$$\Delta k_i(x) = (d_i m_i)^{\tau_i}. \quad (15)$$

Якщо $\tau_i = 1$, то залежність є лінійною, якщо $\tau_i > 1$ — опуклою вниз, а якщо $0 < \tau_i < 1$ — опуклою вгору. З урахуванням (15) цільова функція (10) набуде вигляду

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i \left[\mu_i (d_i m_i)^{\tau_i} + \phi_i \right]^{\beta_i} \rightarrow \max_{m_i \in M}, \quad (16)$$

за умов $m_i \leq m_{i \max}$ і $\sum_{i=1}^n m_i \leq M$.

Розглянемо обчислювальні аспекти розв'язання задачі (16). Вона відноситься до класу задач умовної оптимізації. При цьому можливі два випадки.

1. Параметри $\beta_i = 1$, $\tau_i = 1$, $\forall i = \overline{1, n}$. У цьому випадку (16) є задачею лінійного програмування. Її розв'язок тривіальний, так як за постановкою задачі значення всіх α_i припускаються відомими і всі часткові критерії на основі цієї інформації можна впорядкувати у порядку спадання важливості

$$k_1 > k_2 > \dots > k_n \quad (\alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_n).$$

Оптимальний розв'язок полягає у виділенні максимального необхідного ресурсу $m_{i \max}$ на поліпшення часткових критеріїв у порядку спадання їх важливості з урахуванням обмеження $\sum_{i=1}^n m_i \leq M$.

2. Хоча б деякі з параметрів $\beta_i \neq 1$, $\tau_i \neq 1$. У цьому випадку (16) є задачею нелінійного програмування. Її розв'язок, якщо значення α_i , μ_i , d_i , ϕ_i , β_i , τ_i задані, не становить принципових труднощів. Задача може бути розв'язана методом динамічного програмування або одним з відомих методів розв'язання неперервних задач нелінійної умовної оптимізації, наприклад, методом штрафних функцій. Повною мірою це відноситься і до задачі (13).

Висновки

Запропонована модель організаційного управління поведінкою однорідної соціальної групи людей може бути узагальнена за рахунок розгляду не лише об'єктивних, а й суб'єктивних характеристик альтернативи вибору поведінки індивідууму чи групи людей.

Для подальшого дослідження моделі управління групою людей шляхом максимізації корисності бажаної альтернативи можна спробувати застосувати не лише методи лінійного та нелінійного програмування, а й інші можливі методи досліджень таких моделей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанцов М. Е. Математическая модель направленного движения группы людей / М. Е. Степанцов // Математическое моделирование. — 2004. — Т. 16, — № 3. — С. 43—49.
2. Гребенников Р. В. Способы оценки эффективности различных моделей поведения толпы / Р. В. Гребенников // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. — 2010. — Вып. № 1. — С. 126—129.
3. Корепанов В. О. Модели рефлексивного группового поведения и управления / В. О. Корепанов. — М.: ИПУ РАН, 2011. — 127 с.
4. Краснощеков П. С. Некоторые результаты математического моделирования одного механизма коллективного поведения / П. С. Краснощеков // Социология: 4М. — 1994. — № 3—4. — С. 65—83.
5. Краснощеков П. С. Простейшая математическая модель поведения. Психология конформизма / П. С. Краснощеков // Математическое моделирование. — 1998. — Т. 10. — № 7. — С. 76—92.
6. Бреер В. В. Модели конформного поведения. Ч. 1. От философии к математическим моделям / В. В. Бреер // Проблемы управления. — 2014. — № 1. — С. 2—13.
7. Бреер В. В. Модели конформного поведения. Ч. 2. Математические модели / В. В. Бреер // Проблемы управления. — 2014. — № 2. — С. 2—17.
8. Бреер В. В. Управление толпой: математические модели порогового коллективного поведения / В. В. Бреер, Д. А. Новиков, А. Д. Рогаткин. — М.: ЛЕНАНД, 2016. — 168 с.
9. Ухоботов В. И. Анализ механизма коллективного поведения на основе нечеткой логики / В. И. Ухоботов, Е. С. Михайлова // Вестник ЮУрГУ. — 2016. — Т. 5. — № 1. — С. 63—68. — Вычислительная математика и информатика.
10. Kirik E. An intelligent floor field cellular automation model for pedestrian dynamics / E. Kirik, T. Yurgel'yan, D. Krouglov // Proceedings of The Summer Computer Simulation Conference, 2007, The Mission Valley Marriott San Diego, California, 2007. — P. 1031—1036.
11. Андрусик Я. Побудова покращеної математичної моделі поведінки натовпу, що панікує, під час втечі з приміщення / Я. Андрусик, П. Черняк, А. Андрусик // Вісник національного університету Львівська політехніка. — 2010. — Вип. 687. — № 687, — С. 148—155. — Фізико-математичні науки.

12. Щербак Г. В. Математична модель панічного натовпу / Г. В. Щербак, М. В. Маляров // Проблеми екстремальної та кризової психології : зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 9, Харків: УЦЗУ, 2009. — С.176—182.
13. Self-organizing pedestrian movement / D. Helbing, P. Molnar, J. Farkas, K. Bolay // Environment and Planning B: Planning and Design. — 2001, — Vol. 28. — P. 361—383.
14. Helbing D. Simulating dynamical features of escape panic / D. Helbing, J. Farkas T. Vicsek // Nature. — 2000, — № 407. — P. 487—490.
15. Петров Э. Г. Организационное управление городом и его подсистемами (методы и алгоритмы) / Э. Г. Петров. — Харьков : Вища школа, 1986. — 144 с.
16. Овезгельдыев А. О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации / А. О. Овезгельдыев, Э. Г. Петров, К. Э. Петров. — К. : Наукова думка, 2002. — 163 с.
17. Овезгельдыев А. О. Адаптивная математическая модель многофакторного оценивания / А. О. Овезгельдыев, К. Э. Петров // Кибернетика и системный анализ. — 1997. — № 3. — С. 90—97.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 24.11.2016

Прилипко Олександр Іванович — канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри фізики та вищої математики, e-mail: poizh@ukr.net;

Овезгельдыев Ата Оразгельдыевич — д-р техн. наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії. Житомирський державний технологічний університет, Житомир

О. І. Prylypko¹
А. О. Ovezgeldyyev¹

Models and Methods of Organizational Management of Behavior of Group of People

¹Zhytomyr State Technological University

There has been proposed a model of management of the behavior of the social group of people. The article describes the example of application of the model to determine a strategy for proper use of available resources in order to maximize the impact of this behavior.

Keywords: model, management, behavior, group of people, individual, criterion, utility, preference.

Prylypko Oleksandr I. — Cand. Sc. (Ph.-Math.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Physics and Higher Mathematics, e-mail: poizh@ukr.net;

Ovezgeldyyev Ata O. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Computer Engineering

А. И. Прилипко¹
А. О. Овезгельдыев¹

Модели и методы организационного управления поведением группы людей

¹Житомирский государственный технологический университет

Предложена модель управления поведением социальной группы людей. Рассмотрен пример применения этой модели для определения стратегии правильного использования некоторого имеющегося ресурса для максимизации влияния на такое поведение.

Ключевые слова: модель, управление, поведение, группа людей, индивидуум, критерий, полезность, предпочтение.

Прилипко Александр Иванович — канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры физики и высшей математики, e-mail: poizh@ukr.net;

Овезгельдыев Ата Оразгельдыевич — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры компьютерной инженерии