

*Розроблено методи оптимізації управління організаційними системи на основі типології діяльності агентів шляхом модифікації теорії кооперативних ігор. Описано новий тип ігор – ігри із зміною інформації. Результати сформульовані у вигляді сукупності теорем*

*Ключові слова: оптимізація, управління, кооперативні ігри, організаційні системи*

*Разработаны методы оптимизации управления организационными системами на основании типологии деятельности агентов путем модификации теории кооперативных игр. Описан новый тип игр – игры с изменением информации. Результаты сформулированы в виде совокупности теорем*

*Ключевые слова: оптимизация, управление, кооперативные игры, организационные системы*

*Methods for optimization of control on organizational systems based on the typology of agents by modifying the theory of cooperative games were obtained. A new type of games – games with changing of information was described. The results were formulated as a set of theorems*

*Keywords: optimization, control, cooperative games, organizational system*

УДК 519.7

# ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ: ТЕОРІЯ ІГОР ТА ТИПОЛОГІЯ ДІЯЛЬНОСТІ ГРАВЦІВ

А. А. Шиян

Кандидат фізико-математичних наук, доцент  
Кафедра менеджменту та моделювання в економіці

Вінницький національний технічний університет  
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна,  
21021

Контактний тел.: 096-806-17-86  
E-mail: aa\_shiyan@mail.ru

## 1. Вступ

Виробничі та організаційні структури системи є цікавим з наукової точки зору та перспективним із практичної точки зору об'єктом дослідження. Вони складаються як із технічної, так і із людської складової. Якщо інформаційні технології для управління технічною складовою існують вже багато років, в тому числі у складі автоматичних систем управління, то інформаційні технології для управління людською складовою в таких системах ще практично відсутні.

Існує також наукова проблема щодо об'єднання інформаційних технологій для управління технічною та людською компонентою у виробничих та органічних системах. Зокрема, це зумовлено тим, що опис людської компоненти здійснюється, як правило, в рамках психології за допомогою перемінних, які неможливо ідентифікувати із достатнім рівнем коректності.

Таким чином, розробка інформаційних технологій для управління виробничими та організаційними системами, які включають в себе моделі прийняття рішення людиною в якості складового елемента, є актуальною науковою та важливою практичною задачею.

## 2. Огляд літератури та постановка задачі

В [1,2] для опису виробничих та організаційних систем запропоновано використовувати властивість людини-оператора (агента, гравця, активного еле-

менту – в літературі застосовуються різні терміни) приймати рішення та оцінювати рівень їх виконання. З метою моделювання діяльності людини-оператора вводяться два простори. Перший – це простір  $A$  можливих для вибору стратегій людини. Другий – це простір простором  $A_0$  результатів діяльності людини (результатів виконання відповідних стратегій). В цьому випадку діяльність людини-оператора може біти представлена певним оператором  $a$ , який діє із простору  $A$  в простір  $A_0$ :  $a: A \rightarrow A_0$ . У випадку багатогентної системи (а саме її прикладом і є виробничі та організаційні системи) узгодження інтересів агентів здійснюється на основі теорії ігор [1-4].

В [5,6] побудовано математичний апарат для моделювання діяльності людини-оператора, передовсім – управлінської. Для цього розроблено універсальний метод для розбиття простору  $A$  можливих для вибору стратегій та простору  $A_0$  результатів діяльності людини на вісім непересічних класів, які названі компонентами інформаційного простору. Далі побудовано новий клас математичних операторів, що діють в цих просторах  $a: A \rightarrow A_0$ . Ці оператори названі двокомпонентними абстрактними інформаційними автоматами (2AIA).

Показано, що мінімальна кількість різних операторів, які здатні повністю описати довільну діяльність над просторами  $A$  та  $A_0$  складає 16 різних типів 2AIA.

Таким чином, внаслідок того, що кожен із типів 2AIA здатний при здійсненні діяльності відбирати стратегії лише із певної підмножини простору можливих стратегій  $A$  та здійснювати діяльність лише в рамках певної підмножини простору  $A_0$ , виникає

задача про модифікацію існуючих результатів теорії ігор.

Метою статті є розробка методів для оптимізації управління виробничими та організаційними системами на основі теорії ігор та типології діяльності гравців.

### 3. Виклад основного результату

В [5,6] розроблено математичний апарат для побудови ієрархічних систем для управління виробничими та організаційними системами. Для цього здійснено розподіл гравців на дві групи. Гравці першої групи названі координаторами: вони здатні вводити нову інформацію на нижчий рівень управління (або ж здатні адекватно відновлювати інформацію, маючи лише її фрагмент). До другої групи віднесені гравці, які мають здатність лише до виконання заданої діяльності та до передачі вже відомої інформації іншим гравцям (в кращому разі – без її викривлення).

Основні результати статті можна сформулювати у вигляді такої сукупності теорем.

**Теорема 1.** Результати, отримані в сучасній теорії ігор, залишаються незмінними тільки за умови, коли всі гравці притримуються нормативного режиму діяльності.

*Доведення.* Нагадаємо, що нормативним називаються діяльність, коли гравець (оператор) виконує задані обов'язки, вибирає шаблонні рішення, застосовує заданий алгоритм для діяльності тощо [6]. Саме такий спосіб діяльності використовується в сучасній теорії ігор.

На противагу цьому, наявність типів 2A1A означає, що за одних і тих же самих умов гри для різних типів 2A1A виграші за виконання однієї й тієї ж самої стратегії будуть приймати різні значення. Таким чином, гравці, які мають різні типи, будуть вибирати різні стратегії. А це вимагає модифікації кожного результату на урахування типу 2A1A. Теорема доведена.

Наступні дві теореми описують границі застосовності сучасної теорії ігор, які виникають внаслідок наявності координаторів.

**Теорема 2.** Наявність серед гравців хоча б одного координатора, який бере участь у цій грі, порушує умови застосовності сучасної теорії ігор.

*Доведення.* Якщо в грі «задіяний» хоча б один координатор – тобто якщо хоча б один із гравців є координатором «самого для цієї гри» (дивись докладно в [6]), то він вводить нове знання на рівень цієї гри. Тим самим, порушується основне припущення про наявність «загального знання», а також про початкову інформованість самих гравців про їхні переваги, функції корисності тощо. За цих умов у процесі розгортання гри координатор своєю діяльністю здатний непередбачуваним чином («непередбаченим» із погляду інших гравців) змінити навіть самі правила гри. Теорема доведена.

*Зауваження.* До того ж, гравець-координатор змінює сам простір стратегій та простір можливих дій гравців. І робить він це під час розгортання гри. В результаті «правила гри» змінюються вже в ході її здійснення – саме це й приводить до того, що «ста-

ру» гру потрібно негайно перервати, і започаткувати «нову» гру, вже за нових правил. Але про таку ситуацію знає лише координатор: а йому інколи може бути навіть вигідно отримувати «інформаційну ренту» з такої ситуації.

**Теорема 3.** Наявність серед гравців хоча б одного координатора, який бере участь у грі, рівнозначно наявності «нескінченного розширення» простору можливих стратегій для цієї гри.

*Доведення.* Координатор здатний пронести нові стратегії в гру – що рівнозначно дії оператора, який здатний «добавити» новий елемент у простір стратегій, які обираються гравцями. А оскільки стратегія, що «добавляється», заздалегідь ніяк не може бути визначена, то координатор і розглядається як оператор «добавлення» нової стратегії із нескінченного набору інших стратегій, що раніше не брали участь у її початковому описі. Теорема доведена.

*Наслідок.* Ігри, описувані теоремами 5 і 6, можуть бути розглянуті також і в рамках інших типів ігор, у яких будуть знайдені інші концепції їх розв'язків.

Наведемо декілька теорем, які деталізують структуру тих кооперативних ігор (теорія кооперативних ігор викладена в [1,2,7,8]), які можуть бути застосовані до управління виробничими та організаційними системами. Наведені нижче теореми задають умови для оптимізації такого управління.

В [5,6] показано, що існує не комутативна група операторів, які переводять один тип 2A1A в інший. Їх названо «відношеннями»: в [6] показано, що ці оператори дійсно задовольняють необхідним умовам. В [5,6] показано, що за використання асиметричних операторів множина всіх типів 2A1A розбивається на 4 орбіти, в яких оператори 2A1A розташовані у певному порядку, а інформація та прийняття рішення типами здійснюється послідовно. Показано також, що всю множину типів 2A1A можна розбити на 2 орбіти, в кожній ланці яких спільно діє два спеціальним чином підібрані типи 2A1A. Нарешті, існує єдина структура, в яку можна об'єднати всі 16 типів 2A1A (вона названа «соціоном»). В [5,6] доведено, що тільки такі структури із типів 2A1A здійснюють оптимальну діяльність.

Використовуючи результати [5,6], приходимо до таких теорем.

**Теорема 4.** Утворення коаліцій у статичних кооперативних іграх (при здійсненні одночасного управління) визначається умовами формування або чотирьох індивідуальних орбіт із 2A1A, або двох здвоєних орбіт, або ж однієї структури із всіх 16 типів 2A1A.

*Доведення.* У статичних іграх всі гравці роблять ходи одночасно. Інакше кажучи, вони повинні – у складі однієї коаліції – «домовитися» між собою про спільно обрану ними стратегію. Однак коли нас цікавлять оптимальні рішення – а тільки вони й будуть строго не домінованими – то вони можуть бути здійснені тільки такими типами 2A1A для гравців, які описуються умовами теореми. Дійсно: при будь-якому іншому співвідношенні типів 2A1A серед учасників коаліції вибір оптимальної стратегії для керування не може бути здійснений. Таким чином, будь-яка коаліція з «невідповідними» типами 2A1A буде строго домінована коаліцією, яка складається із «відповідних» типів 2A1A. Теорема доведена.

*Наслідок.* Оскільки всі гравці того ж самого типу здійснюють (за визначенням) однакове управління (однакову діяльність), всі гравці того ж самого типу можуть бути зведені до єдиного гравця, який має цей тип 2A1A.

**Теорема 5.** Утворення коаліцій у динамічних іграх (при здійсненні «естафетного» керування, коли «право ухвалення (прийняття) рішення» надається по черзі кожному із гравців коаліції) визначається можливістю утворення або чотирьох індивідуальних орбіт із 2A1A, або двох здвоєних орбіт, або ж однієї структури із всіх 16 типів 2A1A.

*Доведення.* Розглянемо динамічну гру спеціального класу.

Спочатку один гравець здійснює вибір стратегії дії. Потім ця стратегія здійснюється коаліцією. Після чого інший гравець здійснює вже свій власний вибір стратегії. І так далі – по кількості гравців у коаліції. Підкреслимо, що ми розглядаємо всіх гравців, які належать до того ж самого типу, як єдиного гравця, тому що, за визначенням типу 2A1A, всі вони здійснюють єдиний вибір. У цьому випадку, як впливає із наведених вище результатів [5,6], будь-яка послідовність рішень, яка відрізняється від описаної в них, буде домінованою. І домінуватися вона буде саме тією послідовністю типів 2A1A, яка й описується умовами теореми. Теорема доведена.

У загальному випадку справедлива наступна теорема, яка впливає із теорем 4 і 5.

**Теорема 6 (загальна).** Чотири кільця індивідуальних орбіт та два кільця здвоєних орбіт із типів 2A1A, а також соціон як єдине ціле, виступають як атрактори коаліцій при статичних і динамічних кооперативних іграх у такому сенсі:

1) всі гравці, які мають той же самий тип 2A1A, замінюються єдиним гравцем (тип 2A1A є атрактором для гравців),

2) для статичних кооперативних ігор максимальний розмір коаліції визначається співвідношенням типів із теоремою 4,

3) для динамічних кооперативних ігор послідовність здійснення вибору стратегії гравцями (точніше – відповідними для них типами 2A1A) задається теоремою 5.

Можна порушити питання про те, а яка ж максимально можлива коаліція може бути здійснена в кооперативних іграх? Відповідь дається такою теоремою.

**Теорема 7.** Максимально можлива широка коаліція в кооперативних іграх складається із всіх 16-ти типів 2A1A, які спільно функціонують у складі соціону.

*Доведення* теореми повторює доведення теореми про структуру соціону із [5,6]. Теорема доведена.

*Зауваження 1.* Діяльність типів 2A1A відбувається в послідовному режимі, тому найбільш виграшна раціональна стратегія належить до класу динамічних ігор, – при цьому термін «динамічна гра» розуміється в сенсі здійснення «естафетної передачі» аналізу ситуації та прийняття рішень від типу 2A1A до відповідного іншого типу відповідно до напрямку передачі інформації в соціоні.

*Зауваження 2.* Теоремою 7 регламентується тільки кількість типів 2A1A, але не кількість гравців.

Зокрема, в коаліцію може входити довільна кількість гравців, які мають той же самий тип 2A1A. Однак у цьому випадку всі вони повинні брати участь у виробленні рішення одночасно. Наприклад, організаційно це можна здійснити в такий спосіб: спочатку всі гравці із однаковим типом 2A1A домовляються між собою, а потім вже їх «представник» виступає в роботі соціону як «виразник загальної думки» всіх гравців цього типу 2A1A.

Отримані вище результати дозволяють ввести визначення нового класу гри. В результаті вперше вдається порушити питання про саму природу ігор із асиметричною інформацією. Відомо, що теорія асиметричних ігор базується на визнанні тієї обставини, що існує різниця в інформованості гравців [2-4]. Однак в сучасних підходах така різниця привноситься в теорію ігор ззовні: інформаційна асиметрія сприймається та інтерпретується найчастіше як «хід природи».

В рамках розвинутого в [5,6] формалізму нова інформація виступає як внутрішній параметр задачі. А саме: нова інформація може з'явитися на етапі побудови задачі (в процесі прийняття рішень на заданому рівні ієрархії) тільки у випадку, коли серед гравців є координатор більш високого рівня. Саме координатор і вводить нову інформацію.

Такий координатор, як впливає із [5,6], є тожним – у плані вибору стратегії – всьому соціону, який складений гравців, що мають всі 16 різних типів 2A1A.

Таким чином, ми можемо ввести нову гру, яка дозволяє описати специфіку цілого ряду нових задач для управління виробничими та організаційними системами. Наприклад, всі задачі, де мають місце інноваційні процеси, відносяться якраз до цього нового типу (бо інновація – це нова інформація, а її вводити може лише координатор).

*Визначення 1.* Грою із зміною інформації назвемо таку гру, в якій має місце:

1) наявність сукупності гравців, кожен із яких маркований як «тиражувальник» або як «координатор і-го рівня»;

2) наявність розбивки задачі управління виробничими та організаційними системами на «рівні ієрархії» – за наявності координаторів відповідних рівнів;

3) наявність інформаційного простору для кожного із рівнів ієрархії;

4) наявність «свого» соціону на кожному з рівнів (можливо, крім найвищого), тобто повного набору типів 2A1A на кожному із рівнів ієрархії управління та можливості для гравців об'єднатися у відповідний соціон.

Побудова відповідних математичних структур для ігор цього типу не представляє утруднень і може бути легко здійснена звичайним для теорії ігор способом.

По суті, ігри із зміною інформації – це ігри за участю координаторів. Це такі ігри, в яких народжується нова інформація. Вони «випереджають» ігри з асиметричною інформацією, які можуть розглядатися як «етап, що має місце після» цих ігор.

*Визначення 2.* Рішенням гри із зміною інформації називається складання такої ієрархічно організо-

ваної сукупності гравців («піраміди управління»), – яка задовольняє таким умовам:

1) на верхньому ієрархічному рівні є хоча б один координатор;

2) на кожному із ієрархічних рівнів (крім, можливо, найвищого), є «свій» соціон, який відповідає цьому рівню.

Теорема 8. Піраміда управління дозволяє здійснити невідомі управління в рамках теорії кооперативних ігор для заданої задачі.

*Доведення.* Це випливає безпосередньо із теореми 7, результатів [5,6] та із урахуванням того, що при наявності «проблїв» у піраміді управління не вдасться досягти найбільш ефективного керування. Теорема доведена.

#### 4. Висновки та перспективи подальших досліджень

Використання розвинуеного в статті математичного апарату дозволяє здійснити нові постановки задач в застосування теорії ігор до управління виробничими та організаційними структурами. Такі задачі мають очевидне прикладне використання і можуть бути ефективно використані при здійсненні управління агентами в реальних обставинах.

Врахування рольових функцій і типів 2AIA для активних агентів дозволяє сформулювати нові постановки управлінських задач, які можуть бути вирішені за допомогою часткового модифікування уже існуючих способів. При цьому класифікація типів 2AIA для діяльності агентів виступає як етап прикладної управлінської діяльності як при стисканні інформації на етапі постановки теоретичної задачі,

так і при втіленні результатів теоретичного розгляду в життя.

Побудовано новий клас ігор – ігри із зміною інформації, в яких явно врахована здатність координаторів створювати вже в самому процесі розгортання гри нову інформацію (ту, якої не було на початку гри). Це вперше дозволило розглядати процес синтезу нового «загального знання» в теорії ігор.

Зокрема, ігри із зміною інформації дозволяють вирішити такі ігри:

- побудувати оптимальні ієрархічні структури із координаторів та тиражувальників для здійснення синтезу нового способу управління (тобто – для соціалізації нового знання);

- побудувати математичний формалізм для вибору/побудови оптимальних ієрархічних структур, які складаються із ієрархічно організованих методів/технологій для управління (при цьому метод управління повинен бути маркований тим рівнем інформаційного простору, до якого він відноситься – тобто мати маркер відповідного ієрархічного рівня).

Врахування рольових функцій і типів 2AIA для агентів дозволяє сформулювати нові постановки управлінських задач, які можуть бути вирішені за допомогою часткового модифікування уже існуючих способів.

При цьому класифікація типів 2AIA для діяльності агентів виступає як етап прикладної управлінської діяльності як при стисканні інформації на етапі постановки теоретичної задачі, так і при втіленні результатів теоретичного розгляду в життя.

Автор щиро дякує професору Р.Н. Кветному, доценту Л.О. Нікіфоровій та асистенту Т.О. Журко за корисні обговорення та підтримку в роботі.

#### Література

1. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков. – М.: Физмат лит, 2007. – 584 с.
2. Губко М.В. Теория игр в управлении организационными системами / М.В. Губко, Д.А. Новиков. М.: ИПУ, 2005. – 138 с.
3. Mas-Collel A. Microeconomic Theory / A. Mas-Collel, M.D. Whinston, J.R. Green. Oxford: Oxford University Press, 1995. – 977 p.
4. Шиян А.А. Управление развитием социально-экономических систем. Теория игр: основы та застосування в економіці та менеджменті: Навчальний посібник / А.А. Шиян. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 162 с.
5. Шиян А.А. Информационное пространство и классификация стратегий управленческой деятельности в теории игр и принятия решений / А.А. Шиян // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. - № 3(10). – С.131-139.
6. Шиян А.А. Теоретико-ігровий аналіз раціональної поведінки людини та прийняття рішень в управлінні соціально-економічними системами. Монографія / А.А. Шиян. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 404 с.
7. Губко М. В. Управление организационными системами с коалиционным взаимодействием участников / Губко М. В. – М: ИПУ РАН, 2003. – 140 с.
8. Печерский С.Л. Теория игр для экономистов / С. Л. Печерский, А. А. Беляева. – СПб: Изд-во Европейского университета в С.-Петербурге, 2001. – 342 с.