

УДК 004.91

О.В. НИКИФОРОВ*, О.Г. ДОДОНОВ**, В.Г. ПУТЯТІН**

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ ОНТОЛОГІЇ ДІЯЛЬНОСТІ

*Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, Україна

**Інститут проблем реєстрації інформації НАН України, м. Київ, Україна

Анотація. Складність задач прийняття рішень організаційного управління обумовлена надзвичайно великою розмірністю простору управління, слабкою структурованістю задач, що вирішуються внаслідок їх унікальності, невизначеністю умов, мінливістю цілей (аспектів) управління. Онтологічний підхід дає ряд переваг щодо вирішення проблеми автоматизації організаційного управління. Використання онтології діяльності дозволяє суттєво поширити область практичного застосування формалізованих методів стосовно організаційного поліаспектного управління. За рахунок онтології нарощується деталізація управлінських альтернатив, враховуються фактори активності виконавців та поліаспектності управління. У статті розглянуто інтерпретацію процесу формування управлінських альтернатив як процесу трикратного групування елементів онтології діяльності і дискретних моментів часу. Описано реалізований на практиці проєктування корпоративних АСУ спосіб розподіленого формування онтологічної мережі із групуванням її елементів за допомогою експертних методів. Сформульовано актуальні наукові задачі розвитку науково-методичного апарату організаційного управління на основі онтології. Це формування просторів прийняття рішень, інваріантних до різних аспектів управління; конкретизація характеристик інваріантів та реконфігурація процедурних регламентів у відповідності з актуальним аспектом управління; синтез альтернатив на основі елементів онтології. Показано підходи до розв'язання сформульованих задач. Наведено постановку задачі синтезу системи процедур із визначеними параметрами входу та виходу як задачі тензорного перетворення вихідної багатокотушкової електричної мережі (бібліотеки процедур) у мережу з визначеними параметрами. Запропоновано тензорне рівняння, в результаті розв'язання якого визначаються значення напруги на проміжних котушках вихідної електричної мережі, яка формує структурні зв'язки для процедурного регламенту, що синтезується.

Ключові слова: організаційне управління, аспект управління, простір прийняття рішення, процедурний регламент, онтологія діяльності, тензор перетворення мережі, проєктування процедурного регламенту, процес прийняття рішення, концептуальне проєктування, автоматизована система управління, параметри стану, електрична мережа.

Abstract. The complexity of the tasks of making decisions in organizational management is stipulated by the extremely large dimension of the management space, the weak structure of the tasks being solved due to their uniqueness, the uncertainty of conditions, and the changeability of the goals (aspects) of management. The ontological approach provides a range of advantages in solving the problem of organizational management automatization. The use of the activity ontology makes it possible to significantly expand the scope of formalized methods application to organizational multi-aspect management. Due to the ontology, the detailing of managerial alternatives is increased, and the factors of the performers' activity and the multi-aspect nature of management are taken into account. The article considers the interpretation of the process of forming managerial alternatives as a process of the threefold grouping of elements of the activity ontology and discrete moments of time. The method of distributed formation of an ontological network

with the grouping of its elements using expert methods, implemented in the practice of designing corporate ACS, is described. The topical scientific tasks of the development of the scientific and methodological apparatus of organizational management based on ontology are formulated. These tasks include the formation of decision-making spaces that are invariant to aspects of management, the concretization of characteristics-invariants and reconfiguration of procedural regulations concerning the actual aspect of management, synthesis of alternatives based on the ontology elements. Some approaches to solving the formulated tasks are shown. The formulation of the problem of synthesizing a system of procedures with given input and output parameters is presented as a problem of tensor transformation of an initial multi-coil electrical network (library of procedures) into a network with the given parameters. A tensor equation is proposed. Its solution allows determining the values of voltages on the intermediate coils of the original electrical network which forms the structural connections for the synthesized procedural regulations. *Keywords:* organizational management, management aspect, decision-making space, procedural regulations, activity ontology, network transformation tensor, procedural regulations design, decision-making process, conceptual design, automated control system, state parameters, electrical network.

DOI: 10.34121/1028-9763-2022-1-31-51

1. Вступ

Прийняття рішень при управлінні організаціями (корпораціями, військовими силами) є найбільш важливий, визначальний елемент, від якого залежить кінцева ефективність функціонування організації. Завдання, які вирішуються керівником (командиром) у процесі акту прийняття рішення, надзвичайно складні. Особливо важкими для практичної реалізації є завдання організаційного управління в режимах проведення «сильних» маневрів, при вирішенні унікальних задач, що раніше не вирішувалися. Головна складність управління такого роду у:

- слабкій структуризації розв'язуваного завдання, яке вирішується вперше і є унікальним;
- великій розмірності задачі;
- слабкому розумінні (на момент початку процесу прийняття рішення) внутрішньосистемних зв'язків, які повинні враховуватися під час прогнозування наслідків прийнятих рішень.

Кінцевою метою процесу вироблення рішення щодо управління організацією для проведення будь-якого маневру є формування переліку завдань для підрозділів; визначення часу та черговості виконання поставлених завдань; розподіл наявних ресурсів за завданнями (підрозділами); встановлення порядку функціонування підрозділів під час вирішення поставлених ним завдань. За ступенем деталізації рішення, що розробляється, охоплює два нижчерозташованих ієрархічних рівня аналізованої системи управління. Тобто рішення опрацьовується для цеху (підрозділу), окремого виробництва, окремої майстерні (бойового розрахунку, екіпажу). При цьому, як правило, враховується фактор персоніфікації (особисті інтереси (переваги) та можливості (компетентність) виконавців).

Додаткову складність організаційного управління обумовлює та обставина, що перелічені вище параметри рішення, як правило, визначаються на підставі одноразової (однокрокової) управлінської процедури з боку особи, яка приймає рішення (ОПР). Такі прийоми, наприклад, як покрокове наближення до результату шляхом вирішення послідовності (каскаду) екстремальних завдань, у більшості випадків не можуть бути застосовані. Усі складові рішення мають сильну взаємозалежність. Неможливо варіювати якусь окрему частину системи, заморозивши її оточення. Рішення приймається одночасно з усіх аспектів, у всій повноті уявлення процесів управління.

Таким чином, організаційне управління, яке здійснюється в режимі «сильного» маневру, має ряд проблем, пов'язаних з неможливістю завчасного теоретичного опрацювання завдань прийняття рішень та їх багатоаспектністю. Одним із можливих методів вирішення цих проблем є автоматизація процесів організаційного управління. Це зумовлює актуаль-

ність наукового завдання щодо здійснення формалізованого представлення таких управлінських процесів.

Перші значні спроби проведення скоординованого управління великими організаціями (економікою держави) на науковій основі було здійснено понад 100 років тому. До таких спроб слід віднести план ГОЕЛРО (1920) [1] і моделі міжгалузевого балансу В.В. Леонтєва [2]. План передбачав здійснення «сильного» маневру щодо розвитку всієї країни на основі вибудовування міжгалузевих балансів «виробництва – споживання». Вузькими місцями такого підходу з'явилися:

- неможливість забезпечення необхідного ступеня деталізації формованого управління. Міжгалузеві баланси не дозволяли опускатися до рівня окремих підприємств;
- неможливість формування управління з урахуванням активності поведінки економічних суб'єктів (ринкових відносин).

Третім вузьким місцем, не очевидним на той час, стала недостатня пристосованість моделей та методів до поліаспектного управління в умовах початкової невизначеності.

Розвиток моделей та методів організаційного управління відбувається за такими трьома напрямками: деталізація, облік фактора активності (суб'єктності) виконавців та адаптація.

Удосконалення математичних моделей із підвищення їх деталізації пов'язані з Л.В. Канторовичем [3]. Ним запропоновано універсальний метод оптимального управління галуззю (підприємством) – метод лінійного програмування. Однак цей підхід був працездатний в умовах повторюваних типових циклів функціонування за наявності стійкої структури функціональних зв'язків. У [4–6] отримали розвиток моделі прийняття рішень на основі методів математичного програмування. Основною проблемою тут було формування критеріїв оптимальності, які б коректно відображали цілі управління. С. Оптнер пропонував для цього використовувати методи системного аналізу. Завдання розвитку (цілі управління) формалізувалися як векторна різниця, визначена у просторі прийняття рішень [7]. З урахуванням [7] було розроблено систему планування, програмування, бюджетування (ППБ) (програмно-цільового управління) оборонної сфери [8, 9]. Тут був досягнутий достатній ступінь деталізації прийнятих рішень у частині, що стосується розподілу обмежених ресурсів. Проте питання формування простору прийняття рішень, еволюційної зміни цього простору, за умови використання базових процедур прийняття рішення, залишалося відкритим.

Напрямок вдосконалення способів і моделей прийняття рішень стосовно урахування суб'єктності виконавців, пов'язаний з роботами Н.Д. Кондратьєва [10, 11], К. Ландауєра [12] та А.Г. Зельднера [13], де були сформульовані основні положення щодо управління багатоагентною системою (індикативний спосіб управління багатоукладною економікою). Результати, отримані у зазначених роботах, носили, переважно, характер зводу деяких правил, емпіричних пропорцій, ніж системи математичних моделей, придатних для формалізованого опису процедур управління. Теоретичні дослідження з формалізованого опису були представлені в роботах В.М. Буркова [14] щодо теорії активних систем; Ю.Б. Гермейєра [15] щодо теорії ієрархічних ігор; Дж. Неша [16], Дж. фон Неймана та О. Моргенштерна [17] щодо дослідження рівноважних станів безкоаліційної взаємодії економічних суб'єктів. Теорія активних систем стала практичним додатком теорії ігор. Тут було запропоновано моделі механізмів організаційного управління, які можна було практично реалізувати та які дозволяли описати процедури прийняття рішень як ієрархічні задачі розподілу обмежених ресурсів із розподіленим формуванням вхідних даних [18]. При близькості моделей теорії активних систем до реально існуючих процесів організаційного управління, проте, слід зазначити недостатній рівень їхньої адаптивності в умовах поліаспектного управління. Такий самий недолік притаманний і інформаційній теорії ієрархічних систем [19, 20]. Тут активність виконавців та ієрархічність систем управління враховані за допомогою

системи ієрархічно підпорядкованих задач оптимізації, яка багаторазово розв'язується у процесі ітераційної процедури формування загального рішення [21]. З метою досягнення гнучкості моделей, які враховують активну поведінку виконавців, з кінця 80-х років минулого століття почала застосовуватися теорія багатоагентних систем [22]. Багатоагентні моделі, поєднуючи теорію графів та теорію оптимального управління, дозволяють імітувати складні взаємодії суб'єктів при використанні відносно простого формалізованого представлення їх поведінкових реакцій [23]. Вузким місцем цього методу є степінь адекватності уявлення поведінкових реакцій суб'єктів (органів управління). Для подолання цієї проблеми складна поведінка суб'єктів у багатоагентних системах описується у формі онтології діяльності (мережі потреб та можливостей) [24, 25]. Основною складністю у поширенні онтологічного підходу є необхідність істотної перебудови мереж потреб і можливостей при додаванні власних цільових установок із боку підлеглих центрів прийняття рішень.

Третій напрям – адаптація в умовах поліаспектності та невизначеності, представлений роботами, суттю яких є, по-перше, методи формування повного простору прийняття рішень; по-друге, формування системи метрик, інваріантних до аспектів управління; по-третє, розробка процедур синтезу структур (мереж) із встановленими властивостями. Методам формування простору прийняття рішень було присвячено роботи В.А. Базарова-Руднева у 1924–1928 роках [26]. Пізніше, розробки концепцій ситуаційного і стратегічного управління, наукові результати Базарова-Руднева знайшли свій розвиток у методах проектування простору гіпотетичних майбутніх станів (світів) розробки стратегічних цілей розвитку військових сил США [27, 28]. Недоліком даного методу була довільність щодо початкового набору параметрів простору прийняття рішень. У [29] було запропоновано процедуру (категоріальний аналіз), що дозволяє принести у цей елемент певний формалізм. Шляхом варіювання сполучень елементів категоріальних пар забезпечувалася відносна повнота аналізу простору прийняття рішень. Також у [29] запропоновано підхід щодо формування системи метрик для складних об'єктів управління. Ці метрики, похідні від потужності, інваріантні до змін аспектів управління. На жаль, запропоновані підходи поки що не знайшли широкого практичного застосування. Г. Кроном [30] був запропонований метод синтезу електричних мереж (структур) із заданими властивостями за допомогою формованих за певними критеріями тензорів перетворення. Кроном та його послідовниками відзначалися великі потенційні можливості тензорних перетворень електричних мереж як методу проектування систем організаційного управління. У [31] був запропонований метод синтезу структур на основі використання теоретико-системних конструктів [32] та апарата ступенів множин [33]. По суті, пропонувався механізм автоматизованої (автоматичної) трансформації процедурних регламентів роботи організацій в умовах змін аспектів управління. У [34] розглянуто практичне застосування апарата ступенів множин у проектуванні АСУ. В [35] представлено результати щодо застосування як апарата ступенів множин, так і бібліотек конструктів при проектуванні АСУ безпекою суб'єктів у військово-політичній та соціально-економічній сферах. Теоретичні положення [35] стали основою аванпроекту АСУ національною обороною Російської Федерації, прийнятою на озброєння у 2013 році. Внаслідок відносно високого ступеня новизни підходів із концептуального проектування систем організаційного управління, ці методи поки що не набули широкого поширення в теорії та практиці організаційного управління.

Ця стаття присвячена вирішенню проблеми деталізації прийнятих рішень та адаптації систем організаційного управління. Тут розглядається підхід за формалізованим описом процесу прийняття рішення щодо кризового управління організацією на основі онтології її діяльності. Використання онтологічної мережі дає переваги як при розв'язанні задач деталізованого представлення прийнятих рішень, так і їх адаптації до змін цільового та параметричного простору поліаспектного управління.

Розглянуто зміст онтології діяльності організації та спосіб її формування.

Сформульовано наукові завдання щодо розвитку математичних моделей та методів для вирішення проблеми автоматизації поліаспектного управління організаціями.

Метою статті є аналіз змісту онтології діяльності організації та способів її формування, формулювання наукових завдань щодо розвитку математичних моделей та методів для вирішення проблеми автоматизації поліаспектного управління організаціями на основі використання онтології діяльності.

2. Зміст рішень, що приймаються, та онтологія діяльності

Однією з особливостей організаційного управління, що визначає структуру та зміст прийнятих рішень, є така властивість, як ієрархічність [18].

Як правило, при розгляді процесів управління виділяють три ієрархічні рівні: рівень корпорації та цілей розвитку корпорації; рівень суб'єктів корпорації (підприємств) та завдань, які вирішуються за окремими напрямками корпоративної діяльності; рівень конкретних виконавців (підрозділів) та завдань, алгоритмів вирішення цих завдань, що вирішуються окремими суб'єктами корпорації. Така триланкова структура системи управління відповідає положенням теорії життєздатних систем С. Біра [36], а також ієрархії критеріїв щодо оцінки якості шахової партії, запропонованої М.М. Ботвинником [37]. На рисунку наочно показана цільова ієрархія за Ботвинником (рис. 1) у вигляді: 1 – нижчої ланки (дія окремих шахових фігур), 2 – середньої ланки (дія груп (комбінацій) фігур) та 3 – вищої ланки (шахова позиція в цілому).

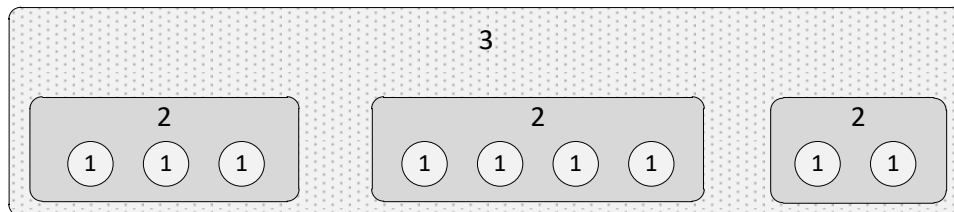


Рисунок 1 – Взаємозв'язок цільових функцій при триланковому управлінні за Ботвинником М.М.

Рішення, прийняті у триланковій системі управління, мають ієрархічну структуру за схемою, наведеною на рис. 1. Структура сформованого рішення представляється як ієрархічно вкладений мережевий графік [38] (рис. 2).

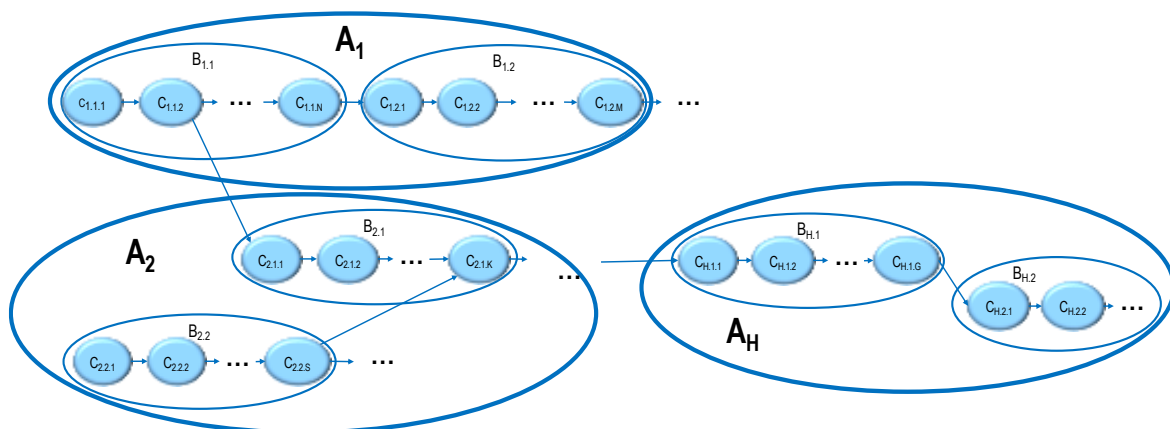


Рисунок 2 – Структура рішення

Верхній (третій) ієрархічний рівень представлений діями A_i , $i = 1, \dots, H$, які відображають задум організаційного маневру (операції). У загальному випадку задум подається як деяка структура, що розгортається за часом. Середній (другий) рівень представлений діями, які деталізують задум, B_{ij} , $i = 1, \dots, H$, $j = 1, \dots, N_i$. Це завдання окремих суб'єктів корпорації, підприємств, підрозділів. Нижній (перший) рівень – це дії окремих виконавців, окремих технічних комплексів, етапи виконання окремих завдань другого рівня, $C_{i,j,k}$, $i = 1, \dots, H$, $j = 1, \dots, N_i$, $k = 1, \dots, M_{ij}$. Тут H , N_i , M_{ij} , $i = 1, \dots, H$, $j = 1, \dots, N_i$ – кількість дій, що становлять задум; i -та дія другого рівня і ij -та дія першого рівня відповідно.

Ребра мережевого графіка (рис. 2) встановлюють порядок виконання запланованих дій у часі. Черговість виконання дій встановлюється з урахуванням зв'язків між діями нижнього (першого) рівня.

Сформований план дій, який представлений у вигляді мережевого графіка (рис. 2), можна записати як подвійний булеан безлічі бінарних відносин дій задуму A_i , $i = 1, \dots, H$ та дискретних моментів часу t_τ , $\tau = 1, \dots, T$:

$$P = V(V(A \times A) \times t), \quad (1)$$

де P – сформоване рішення (план).

У свою чергу кожна дія задуму є подвійний булеан бінарних відношень дій другого рівня та дискретних моментів часу:

$$A = V(V(B \times B) \times t). \quad (2)$$

Для дій другого рівня, за аналогією з (1) та (2), можна записати

$$B = V(V(C \times C) \times t). \quad (3)$$

З урахуванням (1)–(3), сформоване рішення може бути записано як

$$P = VVV(V(C \times C) \times t). \quad (4)$$

Булеан бінарних відносин дій першого рівня (етапи чи елементи виконання завдань суб'єктів корпорації, дії окремих виконавців та технічних комплексів) $V(C \times C)$ є онтологія діяльності організації.

Таким чином, процес прийняття рішення виглядає як триразове групування елементів онтології і дискретних моментів часу. Тобто, говорячи про формалізоване представлення процесів управління організаціями, слід виділити такі наукові завдання: розробки процедур групування елементів онтології, а також синтезу, власне, онтологічної мережі.

Процедури групування елементів онтології не можна розглядати окремо від способів їх синтезу. На даний час поки що реалізовані лише експертні методи синтезу альтернативних рішень, де використовуються окремі процедури кількісної оцінки характеристик. Проте, відштовхуючись від емпіричних способів прийняття рішень, можна підійти до побудови математичних моделей кризового управління.

3. Розподілений спосіб формування онтології діяльності організації при відпрацюванні рішень

Онтологія діяльності організації представляється як деяка кінцева множина дискретних альтернатив. Альтернативи формуються для заданого простору прийняття рішень і оцінюються за допомогою показників (критеріїв), визначених на цьому просторі. Труднощами формування такої онтології є залежність змісту та структури її елементів від

простору прийняття рішення. Тобто онтологія діяльності має створюватись під конкретний управлінський випадок.

Для вирішення завдання формування онтології діяльності, яка б урахувала особливості конкретних ситуацій організаційного управління, слід використовувати процедури перетворення вихідної (виродженої чи інваріантної до простору прийняття рішень) онтології під конкретний простір (конкретний аспект) управління.

При безперечній привабливості такого підходу, на жаль, його практична реалізація поки що залишається не вирішеною проблемою, яка потребує додаткових теоретичних досліджень. На даному етапі при проектуванні автоматизованих систем організаційного управління використовується метод завчасного формування онтологій під установлену класифікацію управлінських ситуацій, а також способи прискорення процесів наповнення безлічі альтернатив за рахунок застосування засобів автоматизації.

Так, наприклад, у [38] описаний спосіб розподіленого формування альтернативних варіантів функціонування організації при заданих цілях і умовах застосування. За рахунок реалізації розподіленого процесу роботи експертів (виконавців, які готують пропозиції (вихідні дані) щодо прийнятого рішення) забезпечувалися прийнятна швидкість підготовки та задовільна деталізація рішень. Для забезпечення узгодженості у роботі виконавців, які готують варіанти пропозицій до рішення, було використано механізм диспетчеризації автоматизованих процедур щодо варіативної підготовки даних (рис. 3).

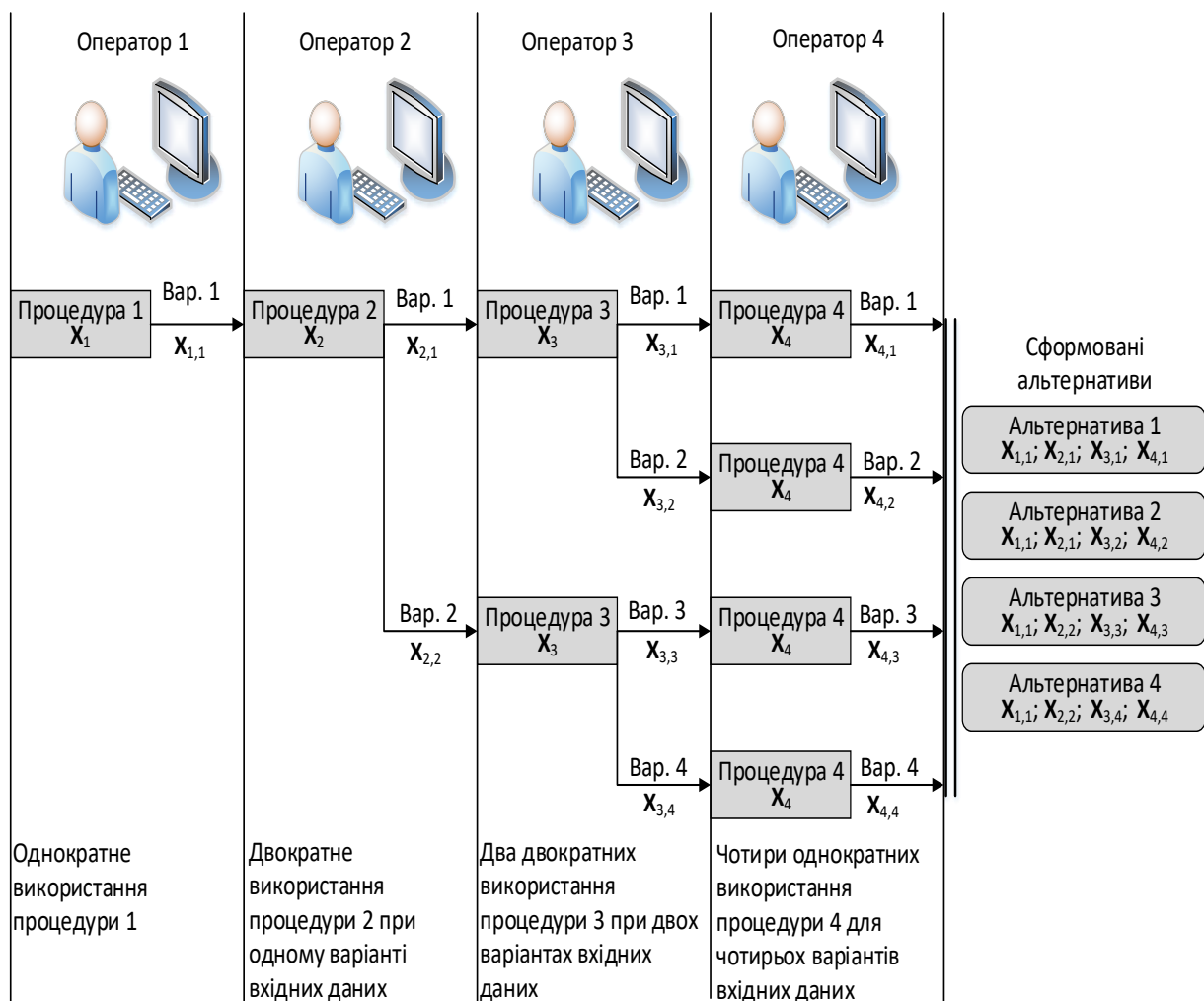


Рисунок 3 – Суть роботи диспетчера щодо управління розподіленим рішенням інформаційно-розрахункових задач із підготовки варіантів пропозицій до рішення

Завданням диспетчера було формування наборів вхідних даних для інформаційно-розрахункових процедур, які вирішуються у встановленій логічній послідовності, з метою визначення параметрів рішення, що відпрацьовується. Кожна задача формувала свій набір (свій вектор) параметрів функціонування (стану).

Підготовлені варіанти пропозицій впорядковувалися певним чином для подальшого прийняття рішення старшим начальником. Упорядкування альтернатив здійснювалося виходячи з часткових показників, визначених на параметричному просторі прийняття рішення.

Як недоліки до підходу [38] слід зазначити незмінність аспектів управління чи простору прийняття рішень. Набір інформаційно-розрахункових процедур, порядок генерування альтернативних варіантів, критерії їхньої оцінки – для всіх випадків прийняття рішень є незмінними. Але для різних аспектів діяльності часто потрібно істотно трансформувати простір прийняття рішень, змінювати рівень деталізації використовуваних математичних моделей, логічну послідовність проведення розрахунків, параметри критеріїв вибору альтернатив.

Для компенсації зазначених недоліків розробниками АСУ [38] було реалізовано можливість неавтоматизованого формування процедурного регламенту прийняття рішення, а також здійснювалася максимізація повноти набору розрахункових процедур за аспектами управління, що враховувалися.

Тобто, розподілений спосіб формування альтернативних варіантів (онтології) діяльності дозволяє реалізувати управління для апріорно визначених ситуацій – ситуаційне управління. Задача адаптації онтології при розширенні переліку аспектів управління (при здійсненні управління за певними аспектами) на даному етапі не може вважатися вирішеною і вимагає подальших досліджень.

4. Актуальні наукові завдання щодо розвитку науково-методичного апарату багатоаспектного організаційного управління

На підставі отриманих результатів із проектування АСУ організаційного управління слід виділити такі актуальні задачі для подальших наукових досліджень. Це, по-перше, задача трансформації простору прийняття рішень відповідно до мінливих аспектів управління. По-друге, задача конструювання (зміни) системи процедур, що забезпечують кількісну оцінку альтернатив у цьому просторі. По-третє, задача синтезу альтернативних рішень з елементів онтології діяльності.

4.1. Трансформація простору прийняття рішень відповідно до мінливих аспектів управління

Чітко заданий простір прийняття рішень дозволяє формалізувати, отже і автоматизувати, такі елементи організаційного управління, як:

– класифікація гіпотетичних станів управлінського маневру, що реалізується, або, інакше, генерування варіантів альтернатив для прийняття рішень. Наприклад, якщо як метрики простору прийняття рішень встановлено три параметри P_1 , P_2 і P_3 (рис. 4), то як гіпотетичні управлінські ситуації можуть розглядатися (класифікуватися) 27 станів об'єкта управління, якщо брати трирівневу шкалу зміни параметрів P_i , $i = 1, 2, 3$;

– кількісна оцінка альтернатив при ухваленні рішення. На підставі введених параметрів стану можуть формуватися цільові функції та критерії управління. Наприклад, у вигляді міри векторної різниці:

$$\Delta = \sum_{i=1}^M (x_i - x_i^*)^2, \quad (5)$$

де x_i, x_i^* – реалізоване (фактичне) і задане значення i -го параметра стану;

M – розмірність простору прийняття рішення.

Труднощами стосовно побудови простору прийняття рішень є отримання гранично узагальнених характеристик опису гіпотетичних управлінських ситуацій. Дані характеристики повинні бути інваріантними до змін аспектів управління, а також повинні дозволити їх деталізацію з урахуванням особливостей (аспектів) управлінського маневру, що реалізується.

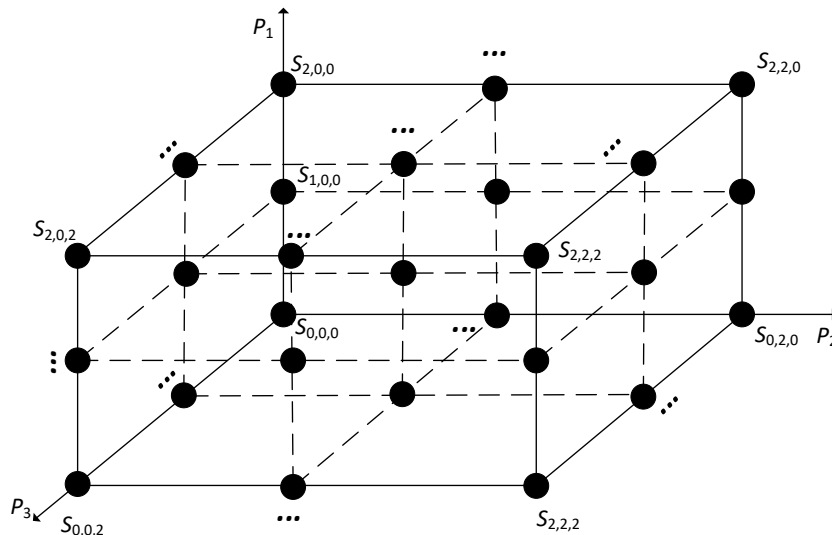


Рисунок 4 – Простір прийняття рішень і класифікація гіпотетичних станів

Отримання гранично узагальнених характеристик для аналізованих процесів управління є нетривіальним завданням, яке для ефективного свого вирішення вимагає великого практичного досвіду в конкретній галузі діяльності. Так, для галузі військової стратегії А.А. Свечіним [39] як такі узагальнені параметри виділялися простір, час, сила (військова сила). Для соціально-економічних систем П.Г. Кузнецовим [29] як гранично-узагальнені характеристики розглядалися потужність виробництва, потужність виробництва енергії, ефективність використання виробленого продукту, швидкість зміни соціально-необхідного часу. Як видно з наведених прикладів, гранично-узагальнені параметри тісно пов'язані з такими поняттями, як «потужність», робота, що виконується, «швидкість виконання роботи», «енергія».

Також у [29] зазначалося, що інваріантом по відношенню до різних систем координат (зміну аспектів управління можна розглядати як зміну використовуваних систем координат (просторів управління)) є потужність. У таблиці чисельних метрик Кузнецова-Бартіні, яку наведено там же, потужність представлена як відношення метрик довжини та часу, зведених у п'ятий ступінь, L^5/T^5 , зміна потужності – як відношення довжини в п'ятому ступені до часу у шостому ступені, L^5/T^6 , швидкість передачі потужності – як відношення довжини та часу в шостому ступені, L^6/T^6 . Показники потужності, інтерпретовані через просторово-часові характеристики для згаданої таблиці метрик, мають найбільші показники ступеня, в якому ці характеристики зводяться. Ця обставина свідчить про те, що показники, які мають у своїй основі фактор потужності, є інваріантом при поліаспектному управлінні, вони становлять гранично узагальнений опис простору прийняття рішень. Отже, дослідження з побудови простору прийняття рішень повинні лежати в руслі інтерпретації понять «потужність», «зміна потужності», «швидкість передачі потужності» до автоматизованої діяльності. Це дасть можливість сформулювати вихідний простір, інваріантний до аспектів управління, що враховуються. Далі необхідно вирішувати завдання конкрети-

зації або деталізації узагальнених (інваріантних) показників для управління за встановленим аспектом. При конкретизації узагальнених параметрів доцільно використовувати метод категоріального аналізу, приклад використання якого стосовно формування простору управління групою безпілотних літальних апаратів описаний у [40].

4.2. Конструювання (змінення) системи процедур, що забезпечують кількісну оцінку альтернатив в актуальному просторі прийняття рішення

Формалізовані процедури, які використовуються у процесі прийняття рішень, повинні бути актуальні за змістом та характером керованого процесу, а також цілями та аспектами управління, що враховуються (рис. 5). Це стосується процедур перетворення параметрів «виходу» (даних моніторингу) у параметри стану, що утворюють когнітивні моделі сприйняття об'єкта управління ОПР, а також перетворення параметрів стану у виконавчі команди (розпорядження).

Когнітивна модель керованого процесу формується на безлічі параметрів стану (X) при їх співвіднесенні з деякими граничними значеннями (X^*). Безліч параметрів X залежить від характеру та змісту процесу, яким керують. Порогові значення X^* задають цільову спрямованість керованих процесів. Ці параметри мають вигляд деякої топології, заданої в операційному просторі. Їх перелік і значення визначаються залежно від реалізованих цілей та аспектів управління.

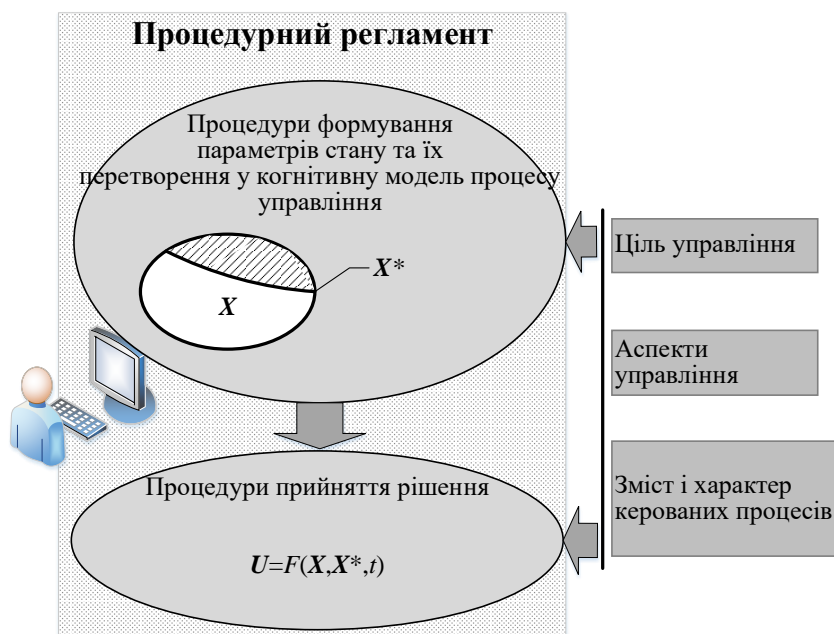


Рисунок 5 – Процедурний регламент, який відповідає актуальному аспекту управління

Спектр інформації про стан керованого процесу значною мірою може змінюватися в залежності від характеру розв'язуваних завдань та управлінських аспектів, що враховуються. Робити актуальним весь перелік процедур із перетворення всіх урахованих параметрів стану недоцільно. Більш ефективно для кожного конкретного випадку актуалізувати відповідний перелік формалізованих процедур залежно від змісту врахованих процесів та аспектів управління.

В узагальненому вигляді завдання синтезу процедурного регламенту під заданий простір прийняття рішень можна сформулювати в такий спосіб.

Нехай є певний простір прийняття рішення, визначений за допомогою узагальнених параметрів P_1 , P_2 і P_3 . Узагальнені параметри деталізовані у відповідності з актуальним

аспектом управління на групу параметрів $p_i, i=1, \dots, N$, а вони – на групу параметрів $q_j, j=1, \dots, Q$, де N і Q – кількість параметрів другого і першого ієрархічних рівнів деталізації відповідно (рис. 6).

На встановлених параметричних групах визначено бібліотеку математичних моделей (алгоритмів, процедур), які дозволяють виражати одні параметри через інші (рис. 6):

$$\Upsilon_m(\mathbf{X}_m^{\text{in}}, \mathbf{X}_m^{\text{rz}}, \mathbf{T}_m) = 0, \quad m = 1, \dots, M^{\text{mdl}}, \quad (6)$$

де \mathbf{X}_m^{in} – сукупність параметрів, які утворюють підмножину від їх загальної структури і є вхідними даними для m -ої математичної моделі;

\mathbf{X}_m^{rz} – сукупність параметрів, які є вихідними даними (результатами виконання m -ої процедури);

\mathbf{T}_m – вектор моментів часу, які характеризують вхід та вихід m -ої процедури (моделі);

M^{mdl} – кількість математичних моделей у бібліотеці.

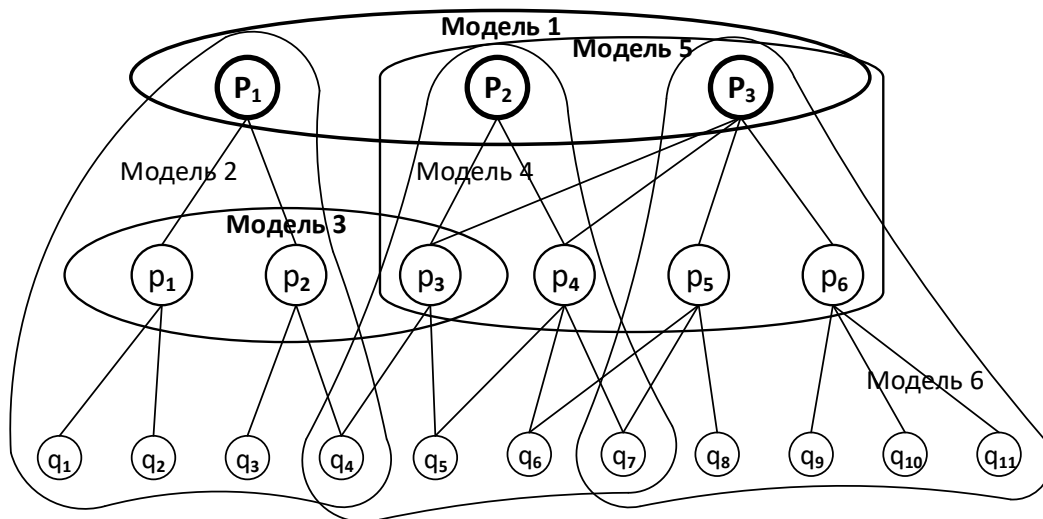


Рисунок 6 – Початкова структура математичних моделей і параметрів простору прийняття рішення

Підмножини параметрів, які використовуються у різних математичних моделях (процедурах), можуть перетинатися:

$$\mathbf{X}_m \cap \mathbf{X}_k \neq \emptyset, \quad (7)$$

$$\mathbf{X}_m = (\mathbf{X}_m^{\text{in}}, \mathbf{X}_m^{\text{rz}}), \quad \mathbf{X}_k = (\mathbf{X}_k^{\text{in}}, \mathbf{X}_k^{\text{rz}}), \quad m \neq k = 1, \dots, M^{\text{mdl}}.$$

Тобто, бібліотека математичних моделей надмірна стосовно розглядуваного простору прийняття рішень.

Задача синтезу процедурного регламенту може бути записаною як задача відшукування переліку та черговості активації математичних моделей за критерієм мінімізації «шляху» (кількості використовуваних обчислювальних процедур) та при виконанні умови визначення значень параметрів із встановленого переліку з заданою точністю:

$$L\{\dots, \Upsilon_m(\mathbf{X}_m^{\text{in}}, \mathbf{X}_m^{\text{rz}}, \mathbf{T}_m), \dots\} = \min, \quad (8)$$

$$L \leq M^{\text{mdl}}, \quad \mathbf{X}_m^{\text{in}} \in \mathbf{P}, \quad \mathbf{X}_m^{\text{in}} \in \mathbf{X}_k^{\text{rz}}, \quad k = 1, \dots, (m-1), \quad (9)$$

$$\mathbf{X}^* \in (\mathbf{X}_1^{rz} \cup \dots \cup \mathbf{X}_m^{rz} \dots \cup \mathbf{X}_L^{rz}), \quad (10)$$

де L – впорядкований перелік математичних моделей (розрахункових процедур), відібраних до регламенту обчислень, що формується. Порядок слідування процедур у переліку узгоджується з черговістю їх активації;

\mathbf{P} – перелік параметрів «виходу» з керованого об’єкта (вхідні дані, що надходять до системи управління);

\mathbf{X}^* – перелік параметрів стану, які мають бути визначеними для здійснення управління, згідно з урахованими аспектами управління.

Задача (8)–(9) належить до типу задач призначення. Для її вирішення можуть бути застосовані відомі алгоритми у вирішенні задач такого типу. Також можна використовувати методи тензорного перетворення мереж [30].

Для приведення задачі (8)–(10) до задачі тензорного перетворення мережі вихідну структуру моделей та параметрів простору прийняття рішення (рис. 6) слід інтерпретувати у вигляді електричної мережі. Електрична мережа зручна для формалізованого опису структурних зв’язків різного роду. На відміну від інших типів неелектричних мереж, електрична мережа завжди оточена динамічним електромагнітним полем, що створюється нею самою і простягається до нескінченності у всіх напрямках. Використовуючи модель індукції та самоіндукції у гілках електричної мережі, зручно описувати різноманітні внутрішньосистемні зв’язки між елементами аналізованої структури (організаційної топології).

На цій основі Г. Кроном була запропонована методологія теоретико-множинного та алгебраїчного синтезу топологій у формі методу аналізу та тензорного перетворення електричних мереж [30].

Тобто, якщо інтерпретувати процедурні регламенти, що використовуються в контурах організаційного управління у вигляді багатокотушкових електричних мереж, можна використовувати тензор перетворення Крона як механізм синтезу системи процедур із заданими властивостями (встановленим переліком параметрів входу та виходу).

Кожна окрема формалізована процедура представляється як сукупність вхідних електродів (вхідних параметрів p_1, p_2 та p_3) та вихідного анода (вихідного параметра p_4) електронної лампи (рис. 7). Вхідні електроди утворюють катод та відповідну кількість сіток лампи. Наявність чи відсутність напруги на вхідних електродах обумовлює закон змінювання напруги на вихідному аноді. Тобто, якщо не визначено вхідні параметри (немає напруги на катоді та на сітках лампи), процедура не може бути виконана (струм анода дорівнює нулю).

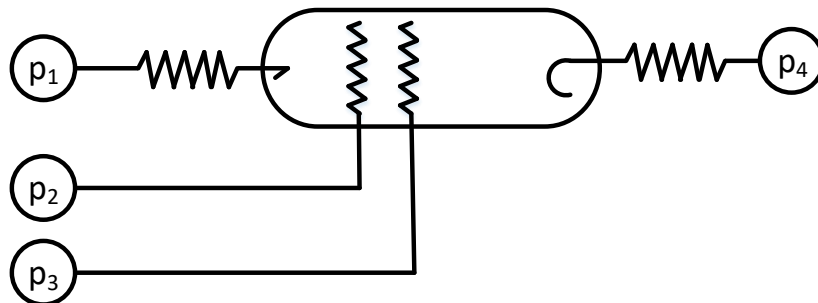


Рисунок 7 – Формалізована процедура як багатоелектродна лампа

Схема з’єднань електронної лампи у вигляді вузлової електричної мережі наведена на рис. 8.

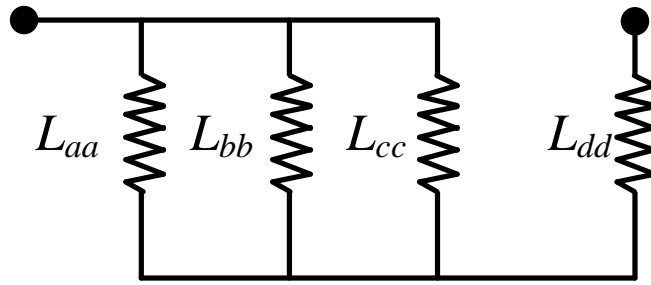


Рисунок 8 – Схема з'єднань електронної лампи-процедури у вигляді вузлової мережі

У представленій мережі індуктивності гілок мають сенс певної трудомісткості під час здійснення відповідних елементів формалізованої процедури.

Для детального аналізу та інтерпретації характеристик електричної мережі-процедури (рис. 8) використовується примітивна мережа, представлена на рис. 9.

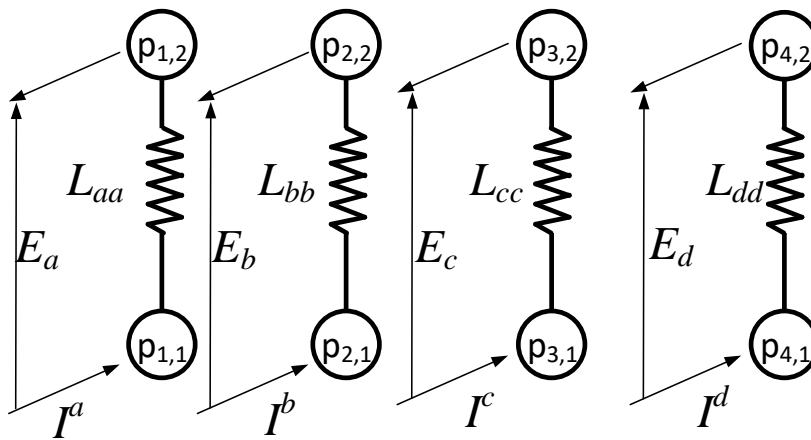


Рисунок 9 – Примітивна мережа формалізованої процедури

Примітивна мережа складається з окремих вузлових пар, що позначаються індексами $\alpha = a, b, \dots$. До вузлів кожної вузлової пари прикладені вхідний та вихідний струм, I_{α} . Залежно від напрямку струму у вузлах пари до кожної пари прикладено напругу E_{α} . Кожна вузлова пара характеризується величиною індуктивності $L_{\alpha\alpha}$.

Як вузлові пари інтерпретується процес виконання формалізованої процедури, процеси завдання значень для вхідних параметрів. При ненульових значеннях напруги на відповідних вузлових парах інтерпретовані процеси вважаються завершеними.

Вплив індуктивності гілок примітивної мережі вимірюється за допомогою тензора адмітанса:

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} Y^{aa} & Y^{ab} & Y^{ac} & Y^{ad} \\ Y^{ba} & Y^{bb} & Y^{bc} & Y^{bd} \\ Y^{ca} & Y^{cb} & Y^{cc} & Y^{cd} \\ Y^{da} & Y^{db} & Y^{dc} & Y^{dd} \end{pmatrix}, \quad (11)$$

де $Y^{\alpha\beta} = \partial I^{\alpha} / \partial E_{\beta}$, $\alpha = \beta = a, b, c, d$ – характеризує приріст сили струму в α -ій вузловій парі при зміні напруги в β -ій вузловій парі. У пропонуваній моделі під приростом сили струму у вузловій парі інтерпретується приріст інформаційного потоку, обумовлений

включенням часткового фрагмента обробки інформації. Таке включення задається за допомогою приросту напруги на відповідній вузловій парі.

Тензор адмітансу – несиметричний. Тобто $Y^{ab} \neq Y^{ba}$.

Між геометричними об'єктами примітивної електричної мережі (силою струму та падінням напруги у вузлових парах, адмітансами вузлових пар) існує таке співвідношення [30]:

$$\mathbf{I} = \mathbf{Y}\mathbf{E}, \quad (12)$$

$$I^a = Y^{aa}E_a + Y^{ab}E_b + Y^{ac}E_c + Y^{ad}E_d, \quad (13)$$

$$I^b = Y^{ba}E_a + Y^{bb}E_b + Y^{bc}E_c + Y^{bd}E_d, \quad (14)$$

$$I^c = Y^{ca}E_a + Y^{cb}E_b + Y^{cc}E_c + Y^{cd}E_d, \quad (15)$$

$$I^d = Y^{da}E_a + Y^{db}E_b + Y^{dc}E_c + Y^{dd}E_d. \quad (16)$$

Останнє рівняння (16) у представленій системі лінійних рівнянь описує взаємозв'язок сили струму у вузловій парі, що інтерпретує завершення процедури, з напругами у вузлових парах, які зв'язуються із вхідними параметрами. При цьому між адмітансами, які характеризують вплив вузлових пар-вхідних даних на вузлову пару-процедуру, Y^{da} , Y^{db} і Y^{dc} , існує співвідношення, при якому $Y^{da}=Y^{db}=Y^{dc}=Y^{dd}=0$, якщо хоча б одне з напруг E_a , E_b або E_c має нульове значення. Тобто, якщо хоча б один із вхідних параметрів не визначений, процедура не може бути виконана, лампа «закривається».

Формалізовані процедури, описані подібним чином, об'єднані в деяку початкову електричну мережу, утворюють бібліотеку формалізованих процедур (рис. 10).

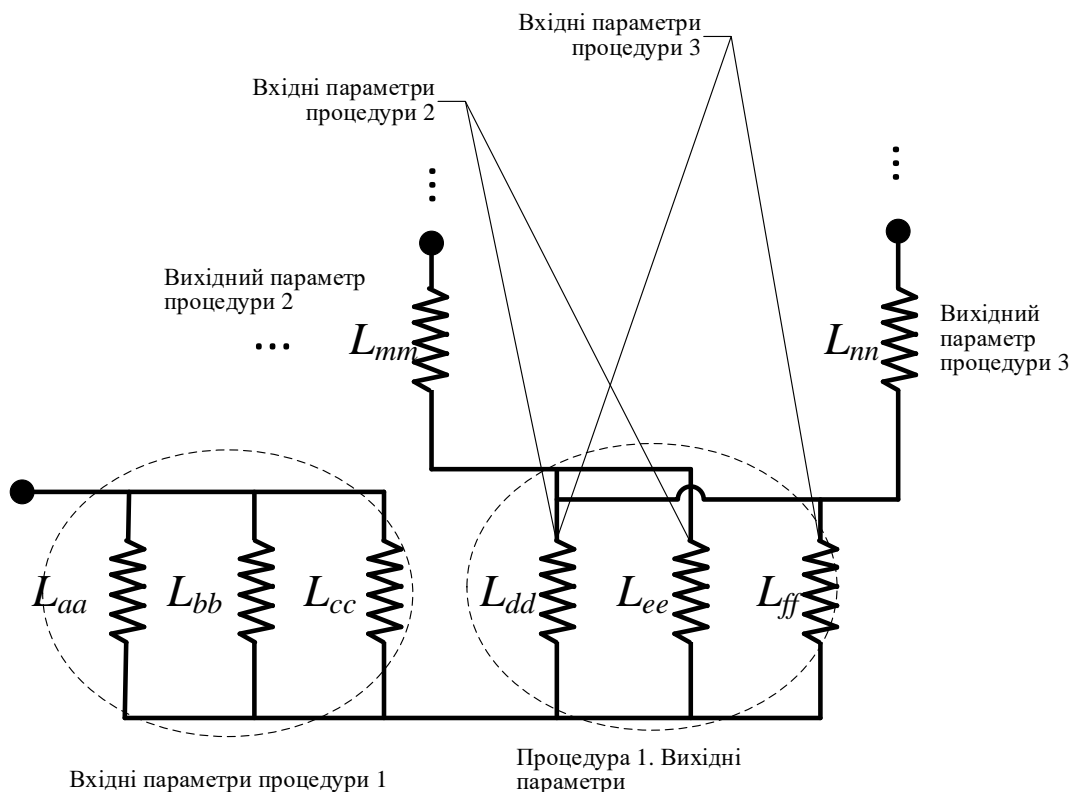


Рисунок 10 – Бібліотека процедур як початкова електрична мережа

У нижній частині мережі (рис. 10), зазвичай, розташовані вузлові пари, які асоціюються з параметрами «виходу» (те, що надходить у систему управління від джерел інформації). У верхній частині мережі – вузлові пари, які асоціюються з параметрами команд, розпоряджень, оцінки стану.

Початкова мережа бібліотеки процедур (рис. 10), як і мережа формалізованої процедури (рис. 8), може бути приведена до примітивної мережі аналогічного виду (рис. 9).

Розглянута процедурна мережа дозволяє визначати деяку сукупність безлічі врахованих параметрів. Більшість параметрів можуть бути визначені не одним, а декількома способами (існує більше одного шляху влучення у відповідний вузол мережі).

Завдання синтезу процедурного регламенту (ПР) полягає, по-перше, у виключенні з початкової мережі (бібліотеки процедур) тих її фрагментів, які не використовуються для визначення актуальних параметрів, і, по-друге, у виборі з безлічі альтернативних способів визначення параметрів такого ПР, який відповідає прийнятому критерію оптимальності.

Якщо як такий критерій вибрати критерій максимізації сили струму у вузлах, які інтерпретують актуальні параметри, що буде рівносильно максимізації обсягу корисної інформації, одержуваної при заданій трудомісткості використовуваних процедур, тоді задача синтезу ПР запишеться як

$$R^* = \arg \left(\max_{\Omega_p \in \Omega} \sum_{p_i \in P} I_i \right), \quad (17)$$

де R^* – сформований ПР, що відповідає критерію оптимальності;

Ω – початкова мережа (бібліотека процедур);

Ω_p – множина альтернативних способів визначення актуальних параметрів;

P – перелік параметрів, визначених як актуальні для реалізації відповідного цільового управління;

I_i – сила струму у вузлі, за допомогою якого інтерпретується процес визначення i -го параметра.

Багато альтернативних способів визначення актуальних параметрів, Ω_p , формуються шляхом перетворення початкової мережі (бібліотеки процедур) в мережу, яка задовольняє формалізованій умові, за допомогою якої задаються необхідні властивості ПР, що формується. Як така умова обирається умова наявності ненульових напруг на встановленому переліку вузлових пар мережі, що інтерпретують актуальні параметри, P .

Тензорні перетворення, за допомогою яких формується безліч альтернативних ПР, Ω_p , полягають у такому. Спочатку визначаються параметри геометричних об'єктів початкової мережі (тензор взаємоз'єднань, вектори вузлових напруг та вузлових струмів, тензор адмітансу). Потім для отриманих характеристик геометричних об'єктів початкової мережі вводяться формалізовані умови, які визначають потрібний ПР. З рішення утвореної системи лінійних рівнянь формується безліч Ω_p .

Порядок перетворень отримання характеристик вихідної мережі продемонстрований на прикладі перетворень для одиничної процедури (рис. 8).

Примітивна мережа (рис. 9), виходячи з якої формується вихідна мережа (рис. 8), описується системою рівнянь (12).

До вузлів початкової мережі (рис. 8) довільним чином прикладені напруги E^i . Схема прикладення напруг наведена на рис. 11.

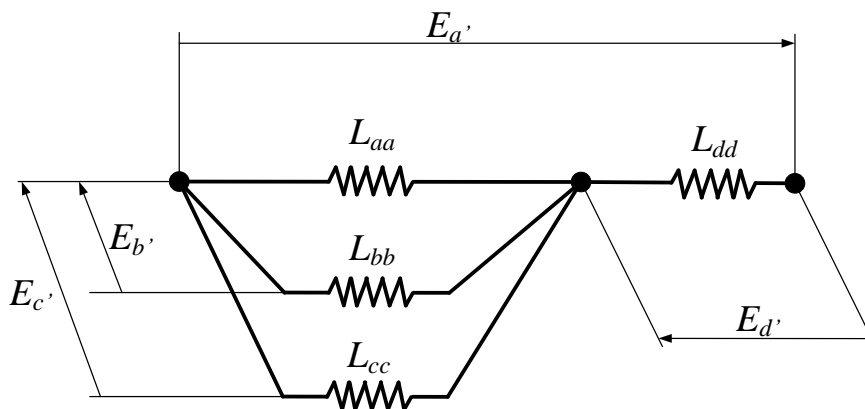


Рисунок 11 – Схема прикладення напруг до вузлів початкової мережі формалізованої процедури

З урахуванням схеми напруг початкової мережі (рис. 8) між векторами напруг початкової і примітивної мереж мають місце такі співвідношення:

$$E_a = E_{a'} + E_{d'} , \quad (18)$$

$$E_b = E_{a'} - E_{b'} + E_{d'} , \quad (19)$$

$$E_c = E_{a'} - E_{c'} + E_{d'} , \quad (20)$$

$$E_d = -E_{d'} . \quad (21)$$

У матричному вигляді ці рівняння запишуться як [30]

$$\mathbf{E} = \mathbf{C}_t^{-1} \mathbf{E}' , \quad (22)$$

де \mathbf{C}_t^{-1} – транспонований зворотний тензор перетворення примітивної мережі в початкову мережу. Цей тензор має вид:

$$\mathbf{C}_t^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} . \quad (23)$$

Нові компоненти тензора адмітанса визначаються як [30]

$$\mathbf{Y}' = \mathbf{C}^{-1} \mathbf{Y} \mathbf{C}_t^{-1} = \begin{pmatrix} (Y^{aa} + Y^{cc}) & 0 & 0 & (Y^{aa} + Y^{cc}) \\ 0 & Y^{bb} & 0 & -Y^{bb} \\ -Y^{cc} & 0 & Y^{cc} & -Y^{cc} \\ (Y^{aa} + Y^{cc} - Y^{da} - Y^{dc}) & (-Y^{bb} + Y^{db}) & (-Y^{cc} + Y^{dc}) & (Y^{aa} + Y^{bb} + Y^{cc} - Y^{da} - Y^{db} - Y^{dc} + Y^{dd}) \end{pmatrix} , \quad (24)$$

якщо прийняти, що тензор адмітанса примітивної мережі

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} Y^{aa} & Y^{ab} & Y^{ac} & Y^{ad} \\ Y^{ba} & Y^{bb} & Y^{bc} & Y^{bd} \\ Y^{ca} & Y^{cb} & Y^{cc} & Y^{cd} \\ Y^{da} & Y^{db} & Y^{dc} & Y^{dd} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y^{aa} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y^{bb} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Y^{cc} & 0 \\ Y^{da} & Y^{db} & Y^{dc} & Y^{dd} \end{pmatrix}. \quad (25)$$

Тобто має місце тільки вплив вхідних параметрів на результат виконання процедури, взаємний вплив на вході відсутній.

Нові компоненти вектора струму визначаються як [30]

$$\mathbf{I}' = \mathbf{C}^{-1}\mathbf{I} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I^a \\ I^b \\ I^c \\ I^d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I^a + I^b + I^c \\ -I^b \\ -I^c \\ I^a + I^b + I^c - I^d \end{pmatrix}. \quad (26)$$

Різниці потенціалу, що виникають на котушках початкової мережі (рис. 8), обчислюються як

$$\mathbf{E}' = \mathbf{Y}'^{-1}\mathbf{I}', \quad (27)$$

де \mathbf{Y}'^{-1} – звернений тензор адмітанса (24).

Струм, що виникає на окремих котушках (вузлових парах) початкової мережі, обчислюється як

$$\mathbf{I}_c = \mathbf{Y}\mathbf{C}_t^{-1}\mathbf{E}', \quad (28)$$

де \mathbf{Y} – тензор адмітанса примітивної мережі (25);

\mathbf{C}_t^{-1} – транспонований та обернений тензор з'єднань;

\mathbf{E}' – знайдений за допомогою (27) вектор напруги на котушках початкової мережі.

Система рівнянь (28) є вихідною системою для подальших перетворень початкової мережі. До виду (28), застосовуючи описані вище перетворення, також приводиться мережа, яка представляє бібліотеку формалізованих процедур (рис. 10).

Для перетворення початкової мережі бібліотеки процедур (28) у ПР, для якого визначені властивості, необхідно розділити котушки мережі (вузлові пари) на три умовні групи:

- групу вузлових пар, які інтерпретують вхідні параметри. Те, що надходить із зовнішніх джерел інформації;
- групу вузлових пар, які інтерпретують вихідні (цільові) параметри;
- групу проміжних вузлових пар, а також вузлових пар, що не увійшли до переліку цільових параметрів. Проміжні вузлові пари інтерпретують формалізовані процедури або параметри, які є проміжними під час перетворення даних.

Кожній групі вузлових пар надається порядковий номер у порядку перерахування цих груп.

Вузлові струми (струми, що прикладаються до вузлів під час розриву мережі) у групі проміжних вузлових пар дорівнюють нулю.

На вузлових парах інших груп (вхідні та цільові параметри) напруга та струм не дорівнюють нулю.

Для згрупованих таким чином вузлових пар вихідної мережі може бути записана така система рівнянь:

$$\begin{cases} \mathbf{I}_1 = \mathbf{Y}^{11}\mathbf{E}_1 + \mathbf{Y}^{12}\mathbf{E}_2 + \mathbf{Y}^{13}\mathbf{E}_3, \\ \mathbf{I}_2 = \mathbf{Y}^{21}\mathbf{E}_1 + \mathbf{Y}^{22}\mathbf{E}_2 + \mathbf{Y}^{23}\mathbf{E}_3, \\ \mathbf{I}_3 = \mathbf{Y}^{31}\mathbf{E}_1 + \mathbf{Y}^{32}\mathbf{E}_2 + \mathbf{Y}^{33}\mathbf{E}_3 \end{cases} \quad (29)$$

або, з урахуванням того, що у проміжних вузлових парах значення прикладених струмів дорівнюють нулю:

$$\begin{cases} \mathbf{I}_1 = \mathbf{Y}^{11}\mathbf{E}_1 + \mathbf{Y}^{12}\mathbf{E}_2 + \mathbf{Y}^{13}\mathbf{E}_3, \\ \mathbf{I}_2 = \mathbf{Y}^{21}\mathbf{E}_1 + \mathbf{Y}^{22}\mathbf{E}_2 + \mathbf{Y}^{23}\mathbf{E}_3, \\ 0 = \mathbf{Y}^{31}\mathbf{E}_1 + \mathbf{Y}^{32}\mathbf{E}_2 + \mathbf{Y}^{33}\mathbf{E}_3. \end{cases} \quad (30)$$

У записаній системі рівнянь тензори \mathbf{Y}^{ij} містять елементи тензора адмітанса примітивної мережі, \mathbf{Y} , згруповані за певними ознаками. Наприклад, \mathbf{Y}^{11} містить елементи тензора адмітанса примітивної мережі, які характеризують взаємовплив котушок першої групи.

На основі сформованої системи рівнянь може бути обчислений вектор напруг на вузлових парах третьої групи. Ті вузлові пари, для яких буде встановлено нульову різницю потенціалів, мають бути виключені з початкової мережі формалізованих процедур. Тобто буде сформовано ПР, який задовольняє обумовленим властивостям щодо визначення цільових параметрів.

Шуканий вектор напруг (ознак включення-виключення) вузлових пар третьої групи розраховується як

$$\mathbf{E}_3 = -\mathbf{Y}^{31}(\mathbf{Y}^{33})^{-1}\mathbf{E}_1 - \mathbf{Y}^{32}(\mathbf{Y}^{33})^{-1}\mathbf{E}_2. \quad (31)$$

Тензор взаємовпливу котушок третьої групи \mathbf{Y}^{33} є квадратною матрицею. Отже, існує зворотна матриця $(\mathbf{Y}^{33})^{-1}$. Вектори напруг вхідних та вихідних параметрів, \mathbf{E}_1 та \mathbf{E}_2 , відповідно, відомі з вимог, які пред'являються до синтезованого ПР. Записане рівняння має розв'язок.

4.3. Синтез альтернативних рішень з елементів онтології діяльності

Задачу синтезу альтернативних рішень з елементів онтології діяльності також можна розглядати як задачу призначення. При цьому її велика розмірність обумовлює необхідність застосування спеціальних прийомів та обмежень із метою реалізації алгоритмів синтезу, які працювали б у прийнятних часових рамках. У [30] синтез здійснювався переважно експертним шляхом, коли розподіленим методом готувалися варіанти дій підлеглих центрів. Підготовлені варіанти ранжувалися за встановлюваними ОПР частковими критеріями з урахуванням обмежень, що також вводилися ОПР. Рішення синтезувалось із відібраних варіантів альтернатив.

При використанні постановки задачі (8)–(10) можна побудувати формалізовану процедуру синтезу рішення за умови, якщо є вже сформовані варіанти дій підпорядкованих центрів.

За відсутності сформованих варіантів дій підлеглих центрів необхідно вирішувати завдання їх синтезу на основі елементів онтології (елементів діяльності першого рівня: елементи окремих технологій, етапи виконання конкретних завдань, режими роботи ком-

плексів (засобів) тощо). При використанні підходу до тензорних перетворень мереж такі елементи онтології діяльності можуть бути представлені у вигляді виродженої чи примітивної, за Кроном [30], електричної мережі (рис. 9).

Кожен елемент інтерпретується як сукупність двох вузлів (C_i, C_j), з'єднаних провідником з індуктивністю та відповідним імпедансом, z_{ij} . Вузли - це дії (стани), деталізовані до першого (нижнього) ієрархічного рівня діяльності. Наприклад, вузол C_i може інтерпретуватися як початок зльоту літального апарата. Вузол C_j – як завершення набору встановленої висоти. Тоді елемент (C_i, C_j) – це процес набору висоти. Імпеданс, z_{ij} , характеризує трудомісткість операції щодо здійснення переходу з першого до другого стану. Імпеданс аналізованого елемента у загальному випадку залежить від напрямку струму. Мають місце випадки, коли перебіг струму можливий лише в одному напрямку. Імпеданс для забороненого напрямку струму набуває нескінченно великого значення. На один із вузлів подається миттєва напруга. Залежно від величини електричної напруги, поданої на перший вузол, а також від величини імпедансу, у провіднику виникає миттєвий струм певної сили, i_{ij} . На другому вузлі виникає певна миттєва напруга.

Задача синтезу варіантів дій підлеглих центрів представляється як задача відшукування тензора з'єднань (перетворення) примітивної електричної мережі в мережу з заданими якостями. До таких властивостей належать:

- величини миттєвих напруг на встановлених вузлах;
- черговість подачі напруги на вузли.

Сукупність вузлів, на які має подаватися напруга, та черговість подачі напруги на ці вузли визначаються на підставі формалізованого опису цілей та завдань організації. Такий формалізований опис можливий за умови існування формалізованого уявлення простору прийняття рішень.

5. Заключення

Таким чином, автоматизація організаційного управління має низку проблем, пов'язаних із поганою структурованістю та багатоаспектністю задач управління. Це зумовлює актуальність розв'язання завдань із розробки науково-методичного апарату для проектування поліаспектних АСУ.

Розвиток математичних моделей та методів, що дозволяють здійснювати формалізований опис процесів прийняття рішень в умовах початкової невизначеності (багатоаспектності) управління, відбувається за трьома напрямками: посилення ступеня деталізації до практично значущих рівнів; облік чинника суб'єктності центрів прийняття рішень нижнього рівня; розвиток властивостей швидкої адаптації управління до мінливих управлінських аспектів.

Реалізація організаційного управління на основі онтології діяльності має ряд переваг щодо посилення деталізації та адаптивності управлінських рішень. Процес формування рішення при цьому виглядає як триразове групування елементів онтології та дискретних моментів часу. При цьому актуальними є такі наукові завдання:

- формування просторів прийняття рішень, що визначаються на наборах гранично узагальнених характеристик, інваріантних до різних аспектів управління. Отримання гранично-узагальнених характеристик може бути здійснено шляхом інтерпретації понять «потужність», «зміна потужності», «швидкість передачі потужності» стосовно аналізованої діяльності;

- конкретизація гранично узагальнених параметрів під актуальний аспект управління. Вирішення даної задачі можливе на основі методу категоріального аналізу;

– конструювання (реконфігурація) системи обчислювальних процедур під сформований простір прийняття рішення. Одним із можливих способів вирішення цього завдання є метод тензорного перетворення початкової електричної мережі (бібліотеки процедур) шляхом визначення елементів матриці з'єднань гілок електричної мережі (значень напруги на котушках проміжних вузлових пар). Тензор перетворення виводиться з системи рівнянь струмів початкової мережі із встановленими котушковими напругами для заданих груп котушок і за відомого тензора адмітанса початкової мережі (інформаційного взаємовпливу бібліотечних процедур);

– синтез альтернативних рішень із елементів онтології. Задача відноситься до типу задач про призначення з великою розмірністю даних. Перспективним напрямом, що дозволяє подолати складність великої розмірності, є зведення задачі синтезу до задачі тензорного перетворення примітивної електричної мережі до мережі з заданими властивостями (величини миттєвих напруг і черговість їх подачі на вузли трансформованої мережі).

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Энергетика в России (1920–2020 гг.). М.: ИД Энергия, 2006. Т. 1: План ГОЭЛРО. 1067 с.
2. Леонтьев В.В. Предисловие. *Межотраслевая экономика* / научный редактор и автор предисловия академик РАН А.Г. Гранберг; пер. с англ. М.: Экономика, 1997. С. 19–20. 480 с. ISBN 5-282-00832-7.
3. Канторович Л.В. Математические методы организации и планирования производства. Л.: Изд-во ЛГУ, 1939. 68 с.
4. Немчинов В.С. Экономико-математические методы и модели. М., Мысль, 1965. 253 с.
5. Интриллигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория / пер. с англ. М., Прогресс, 1975. 321 с.
6. Акофф Р. Планирование в больших экономических системах. М.: Советское радио, 1970. 324 с.
7. Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М.: Советское радио, 1969. 70 с.
8. Хитч Ч. Руководство обороной. Основы принятия решений / пер. Ю.В. Катасонова и Ю.В. Лебедева; под ред. и с предисл. В.С. Казаковцева. М.: Советское радио, 1968. 104 с.
9. Янг С. Системное управление организацией / пер. с англ., под ред. С.П. Никанорова, С.А. Батасова. М.: Советское радио, 1972. 456 с.
10. Кондратьев Н.Д. Спорные вопросы мирового хозяйства и кризиса (Ответ нашим критикам). *Мировая экономика и международные отношения*. 1988 (1923). № 9. С. 64–76.
11. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики и статики. М.: Экономика, 1989 (1931). 526 с.
12. Landauer C. *Theory of national economic planning*. Berkeley (Cal.): University of California Press, 1944. 274 p.
13. Зельднер А.Г. Партнерские отношения государства, бизнеса и общества в условиях смешанной экономики. М.: Экономические науки, 2010. С. 153.
14. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 384 с.
15. Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. *Оптимизация и исследование операций* / под ред. Н.Н. Моисеева. М.: Наука, Главная ред. физ.-мат. литературы, 1976. 328 с.
16. Nash J. Non-Cooperative Games. *The Annals of Mathematics*. 1951. Vol. 54, N 2. P. 286–295. URL: <https://doi.org/10.2307/1969529>, <https://www.jstor.org/stable/1969529>.
17. Nash J. Non-Cooperative Games. Source: *The Annals of Mathematics*. 1951. Vol. 54, N 2. P. 286–295. URL: <http://www.jstor.org/stable/1969529> (дата звернення: 01.05.2008).
18. Никифоров А.В. Теоретические основы автоматизации управления в иерархических АСУ войсками. *Sciences of Europe*. Praha, Czech Republic, 2016. Вип. 9. Military science. P. 32–44.
19. Моисеев Н.Н. Информационная теория иерархических систем. *Труды I Всесоюзной конф. по исследованию операций*. Минск, 1974. С. 95–99.
20. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1984. 482 с.

21. Хачиян Л.Г., Эрлих А.И. Серийные игровые процессы решения задач выпуклого программирования. *Техническая кибернетика*. 1978. № 2. С. 193–196.
22. Beni G., Wang J. Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems, Proceed. NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems. Tuscany, Italy, 1989. P. 26–30
23. Lewis F.L., Zhang H., Hengster-Movric K., Das A. Cooperative Control of Multi-Agent Systems: Optimal and Adaptive Design Approaches (Communications and Control Engineering). Springer, 2014. 307 p.
24. Виттих В.А., Скобелев П.О. Мультиагентные модели взаимодействия для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах. *Автоматика и телемеханика*. 2003. Вып. 1. С. 177–185.
25. Смирнов С.В. Онтологии как смысловые модели. *Онтология проектирования*. 2013. № 2. С. 12–19.
26. Базаров В.А. О методологии построения перспективных планов. *Плановое хозяйство*. 1926. № 7. С. 9–10.
27. Alternate Futures for 2025: Security Planning to Avoid Surprise. A Research Paper Presented To Air Force 2025 / Col Joseph A. Engelbrecht, Jr., PhD, Lt Col R.L. Bivins, Maj P.M. Condray, Maj M.D. Fecteau, Maj J.P. Geis II, Maj K.C. Smith. 1996. 201 p. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.688.8747&rep=rep1&type=pdf>.
28. Dewar J.A. The Importance of 'Wild Card' Scenarios. URL: http://www.cia.gov/nic/PDF_GIF_2020_Support/2003_11_06_papers/dewar_nov6.pdf.
29. Гвардейцев М.И., Кузнецов П.Г., Розенберг В.Я. Математическое обеспечение управления. Меры развития общества. М.: Радио и связь, 1996. 176 с.
30. Kron G. Tensor analysis of networks. John Wiley and sons, inc. London: Capman and Hall, Limited. New York, 1966. 720 p.
31. Кононенко А.А., Кучкаров З.А., Никаноров С.П., Никитина Н.К. Технология концептуального проектирования. М.: Концепт, 2008. 580 с. ISBN 978-5-88981-079-7.
32. Иванов А.Ю., Никаноров С.П., Гараева Ю.Р. Справочник по теоретико-системным конструктам. Концептуальный анализ и проектирование. Методология и технология. М.: Концепт, 2008. 314 с. ISBN 978 5-88981-087-2.
33. Бурбаки Н. Теория множеств. Структуры. М.: Мир, 1965. 456 с.
34. Никаноров С.П., Никитина Н.К., Теслинов А.Г. Введение в концептуальное проектирование АСУ: анализ и синтез структур. *Репринтное издание*. М.: Концепт, 2007. 236 с.
35. Никаноров С.П., Выборнов С.В., Иванов А.Ю., Корипаков С.Е., Костюк А.В., Кучкаров В.А., Михеев В.В., Шаляпина С.К. Исследования по безопасности / под общ. ред. С.П. Никанорова. М.: Концепт, 2006. 624 с.
36. Бир С. Кибернетика и менеджмент / пер. с англ. М.: УРСС, 2006. 280 с.
37. Ботвинник М.М., Штильман Б.М., Цфасман М.А., Юдин А.Д., Резницкий А.И. О решении неточных переборных задач. М.: Советское радио, 1979. 152 с.
38. Dodonov A., Nikiforov A., Putyatin V., Dodonov V. Modeling Complexes of Organizational Management Automated Systems – a Means to Overcome the Management Crisis. *Information Technologies and Security (ITS 2019): Selected Papers of the XIX International Scientific and Practical Conference*. Kyiv, Ukraine, 2019. Vol. 2577. P. 100–115.
39. Свечин А.А. Стратегия. М.-Л.: Госвоениздат, 1926. 400 с.
40. Nikiforov A., Klushnikov I. Applying the method of categorical analysis for conceptual design of an automated control system of a group of unmanned aerial vehicles. *ISAIC 2020*. IOP Publishing. Journal of Physics: Conference Series. Ser. 1828 (2021). 012069. 17 p. doi:10.1088/1742-6596/1828/1/012069.

Стаття надійшла до редакції 16.12.2021