

-
9. Попов Р.А. Антикризисное управление. – М.: Высш.шк., 2003. – 429 с.
10. Савицька Г.В. Економічний аналіз діяльності підприємства: Навч. посібник. – К.: Знання, 2004. – 463 с.
11. Ситник Л.С. Організаційно-економічний механізм антикризового управління підприємством. – Донецьк: ІЕП НАН України, 2000. – 504 с.
12. Уткин Э.А. Антикризисное управление. – М.: ЭКМОС, 1997. – 423 с.
13. Экономический анализ и диагностика состояния современного предприятия: Учебное пособие / Т.Д.Костенко, Е.А.Подгора, В.С.Рыжиков, В.А.Панков и др. – Краматорск: ДГМА, 2005. – 292 с.
14. Швиданенко Г.О., Олексюк О.І. Сучасна технологія діагностики фінансово-економічної діяльності підприємства. – К.: КНЕУ, 2002. – 192 с.

УДК 004.896

Л.А. Тимашова, О.П. Листопад

Аналітичне дослідження та підходи до вирішення задач прийняття рішень віртуальних підприємств

Розглянуто наукові ідеї організації віртуального підприємства малого бізнесу, підкреслена актуальність їх створення. Дано визначення віртуального підприємства та класифікація. Викладено інформаційні аспекти моделювання процесів різного рівня

Ключові слова: *віртуальні підприємства, математична модель, система прийняття рішень, розподілена система, управлінське рішення*

The enterprises with this new system of management that integrates one or more companies virtually via computer networks are called virtual enterprises. Virtual enterprises are defined and classified in this work, and scientifically-practical

and methodical recommendations for their realization are also given.

Keywords: virtual enterprises, management system enterprise, models, informational technology.

Актуальність. Розвиток інформаційних технологій, зміни конкурентної ситуації на ринку й усе більш вузька спеціалізація в сферах виробництва і послуг обумовлюють появу нових форм ведення бізнесу. Однієї з сучасних форм його організації є віртуальні підприємства (ВП), що набувають розвитку як у світовій практиці, так і в Україні. На жаль, створення ВП, які відрізняються від традиційних більш гнучким менеджментом та конкурентоспроможністю на світовому ринку, є новою і мало дослідженою проблемою як для вітчизняних, так і для світових фахівців.

В теперішній час ще існує об'єктивне протиріччя між високими вимогами до ефективності підприємств та існуючою реальною практикою їх функціонування. Для усунення цього протиріччя необхідні системні науково-технічні дослідження в напрямку розробки нових організаційних форм управління, адаптації існуючих і створення для них нових моделей та інформаційних технологій. Потрібні також нові методи створення розподілених алгоритмів, які притаманні ВП, програмного забезпечення і механізмів практичного впровадження. Таким чином, ВП як науковий та практичний напрямок потребують створення нових понять, наукових ідей та інструментів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Іноземні та вітчизняні вчені всебічно досліджували проблеми оптимального управління виробничими підприємствами, й потрібно віддати належне тим результатам, які були отримані В.М.Глушковим, В.С.Михалевичем, І.В.Сергієнком, Л.В.Канторовичем, В.В.Леонтьєвим,

В.І.Гриценком, О.І.Ларичевим, В.Л.Волковичем, Т.П.Подчасовою [1 - 9] та іншими. Ці базові результати залишаються актуальними й для ВП. Створені підходи й методи, безумовно, дозволять розвивати ВП. Але методологічні аспекти розвитку і реалізації нових організаційних форм управління підприємствами в існуючих системних дослідженнях розроблені недостатньо.

Мета статті. Проведення аналітичних досліджень та розв'язання складних проблем управління віртуальними підприємствами за рахунок розроблених та нових підходів та методів задач узгодженого прийняття рішень різного рівня та призначення.

Постановка завдання. При дослідженні сучасних систем управління віртуальними підприємствами подамо їх як розподілену багаторівневу організовану систему, кожний з елементів якої має фіксовану сферу компетенції в галузі розробки та прийняття управлінських рішень з певною відповідальністю. Природною формалізацією будь-якого елемента такої структури є подання його у вигляді самостійної системи прийняття рішень (розв'язувальної системи).

Розглянемо систему, що перетворює вхідні змінні на припустимі вихідні, де U – множина вхідних змінних u , V – множина вихідних змінних v , X – множина припустимих станів x . Тоді система прийняття рішень визначається так: задана множина задач Z_u , параметризована множиною u вхідних змінних, їх рішення $x \in X$ і відображення T з множини X станів у множини V вихідних змінних. Пари u, v належать системі прийняття рішень S тоді і тільки тоді, коли існує стан x , що є рішенням задачі Z_u , і при цьому вихід v виявляється образом стану x , $v = T(x)$.

Взаємозв'язок розв'язувальних систем виражається, як правило, у визначеній залежності вхідних змінних одних

підсистем від вихідних інших. Через наявність такого зв'язку, лише визначені набори входів і виходів різних підсистем можуть відповідати один одному. Формально ця вимога виражається в тому, що набір “узгоджених” входів і виходів є однією з нерухомих точок деякого відображення припустимих наборів. Модель узгодження – математична задача, сукупність рішень якої збігається з множиною рішень взаємодії, а алгоритм її рішення визначає задачу й алгоритм узгодження. Природно, що різним моделям узгодження будуть відповідати різні змістовні інтерпретації задачі узгодження і самого поняття погодженого рішення.

Виклад основного матеріалу. У даний час можна виділити такі основні підходи до аналізу задач узгодження рішень у складних розподілених системах, якими є віртуальні підприємства.

Декомпозиційний - виходить з припущення про те, що для багаторівневої системи, що реалізує процес формування управлінських рішень, існує єдина загальна модель.

Найбільш розповсюдженим видом такої моделі є задача математичного програмування з критерієм оптимальності, що виражає загальносистемні інтереси.

При цьому формальні описи обмежень окремих підсистем виступають як блоки загальної системи обмежень, що приводить до специфічних структур - блочно-діагональних із загальними обмеженнями.

Центральним при декомпозиційному підході є питання узгодження умов локальних задач і вибору цільових функцій, що забезпечують збіг композиції локальних рішень з рішенням глобальної задачі. При деяких спеціальних припущеннях (строга випуклість глобальної цільової функції, блокова адитивність глобальних обмежень), зв'язаних з використанням при доведенні збіжності функції Лагранжа та її модифікацій, збіг забезпечується. Така модель

узгодження може бути використана для систем, у яких припустиме існування єдиного координуючого управління, що забезпечує повне забезпечення взаємодії, наприклад, у схемі з „жорсткою централізацією”.

Другий напрямок у декомпозиційному підході пов'язаний з організацією взаємодії підсистем за схемою централізованого керування з неповною інформацією. При цьому координатор забезпечує доведення системи до оптимального стану шляхом формування координуючих сигналів, що обумовлюються алгоритмом управління, на основі інформації від вирішальних елементів нижнього рівня.

Інформаційний обмін у моделях такого класу реалізується за наступною схемою. Підсистема нижнього рівня передає координаторові інформацію про найбільш прийнятні варіанти свого розвитку з урахуванням власних можливостей і ресурсів. Формування критеріїв оцінки здійснюється вищим рівнем на основі даних про технології використання загальних ресурсів системи та їхньої наявності в системі в цілому. Припустимий стан досягається на верхньому рівні як композиція відомих центрів технологій і запропонованих локальних рішень. Усе це призводить до невідповідності між прийняттям рішення в підсистемі нижнього рівня і конкретним плановим завданням для тієї ж підсистеми. Наявність такої невідповідності, відсутність безпосереднього зв'язку за фактом прийняття рішень між локальними підсистемами і координатором не дозволяє будувати ефективні механізми стимулювання для виконання планових завдань. Одним із шляхів подолання цієї невідповідності може бути схема розподілу завдань і ресурсів шляхом передачі інформації про порівняльну цінність окремих продуктів і ресурсів.

На шляху практичного використання такого роду моделей і методів виникають труднощі, характерні для декомпозиційного підходу в цілому. Вони пов'язані з необхідністю існування єдиної загальної моделі всієї складної системи. Головною особливістю декомпозиційного підходу є повна залежність механізму взаємодії підсистем між собою від обраного алгоритму розв'язання вихідної задачі.

Потреба вивчення різних механізмів взаємодії визначає необхідність таких постановок задач узгодження рішень, коли об'єктом аналізу є сам механізм взаємодії. Такий підхід називається композиційним (синтетичним). При цьому не робиться заздалегідь припущень про яку-небудь єдину модель системи в цілому, а передбачається визначеною лише мета її розвитку і функціонування, наявність самостійних задач для підсистем. Зазначимо, що у це визначення вкладається трохи інший зміст, ніж у декомпозиційному підході, де узгодженість була тотожна координованості. Композиційний підхід допускає наявність локальних цілей, процес узгодження будується не як задача узгодження критеріїв і умов, а як задача узгодження управляючих рішень самостійних об'єктів, що мають свої визначені інтереси. Приведена вище класифікація є, певною мірою, умовною.

Таким чином, конкретні моделі і методи узгодження рішення можуть містити в собі елементи як декомпозиційного, так і композиційного підходів. Залежно від класів задач взаємодії в композиційному підході використовуються різні види моделей узгодження. Серед економіко-математичних моделей, наприклад, моделі економіки вальрасівського типу, де задача узгодження вимагає визначення нерухомої точки відповідного відображення, компоненти якого є ціною „рівності” попиту

та пропозиції та рівноважних векторів попиту та пропозиції. Відомі також замкнуті лінійні моделі виробництва Гейла, балансові моделі Неймана і Леонт'єва.

Заслужують особливої уваги для віртуальних підприємств моделі узгодження рішень при відсутності координуючого центру, для яких вирішена задача, що полягає в узгодженні поведінки партнерів у частині їхніх планів. Вона може бути сформульована, наприклад, як проблема узгодження розв'язків двох взаємозв'язаних задач прийняття рішень, модель кожної з яких, у силу своєї специфіки, також є розподіленою.

Для віртуальних підприємств ефективними є моделі узгодження рішень, що застосовуються у практичних складних розподілених системах. Особливості таких моделей прийняття рішень визначаються, в першу чергу, тим прикладним середовищем, у якому вони застосовуються, що накладає певні вимоги на опис їхніх математичних моделей, у рамках яких формулюються задачі оптимізації. При цьому основними вимогами, що висуваються до математичних моделей задач, є:

– структура розбиття системи на підсистеми довільна і заздалегідь фіксована;

– структура розбиття задачі на підзадачі визначається структурою розподіленої системи (складом підсистем і груп фахівців, що розв'язують підзадачі);

– математичні моделі підзадач повинні максимально відбивати змістовну сторону розв'язуваної задачі, взаємозв'язки підзадач між собою, зокрема моделі, повинні бути орієнтовані на вхідну і вихідну інформацію в змістовних категоріях;

– частина інформації з кожної підзадачі може не піддаватися формалізації або не враховуватися формально в даній моделі;

– простота підстроювання моделі з урахуванням нової інформації.

Зазначені особливості практичних моделей узгодження рішень у розподілених системах, у свою чергу, висувають специфічні вимоги до методів і алгоритмів прийняття рішень і виникаючих оптимізаційних задач.

Задача прийняття рішень у складній, розподіленій, багаторівневій системі в більшості випадків може розглядатися як проблема узгодження рішень взаємозалежних оптимізаційних задач при встановлених пріоритетах їхньої взаємодії. Розробка алгоритмів рішення такого класу задач викликає значні труднощі, пов'язані як з великою розмірністю всієї задачі в цілому, так і з необхідністю урахування в алгоритмах додаткових вимог, що впливають зі змістовної постановки задачі, а саме:

– необхідний ітераційний характер алгоритму, що допускає зручне корегування даних і рішень ОПП;

– відсутність необґрунтовано виключених рішень; збіжність за прийнятне число ітерацій; реалізація алгоритму з урахуванням реальної структури системи (задачі), можливостей розв'язувальних задач фахівців;

– наявність природної змістовної інтерпретації ходу виконання алгоритму, його узгодженість зі сформованими процесами керування, що протікають в реальних системах;

– розв'язування загальної задачі на основі паралельного розв'язування підзадач в умовах колективної взаємодії фахівців (ОПП) у реальних людино-машинних системах (головним чином у мережах ЕОМ);

– можливість регулювання ступеня автоматизації й точності рішення.

Розглянемо підходи до розв'язання задач, які більшою мірою враховують вимоги, що висуваються до розподілених алгоритмів, сформульованих вище.

З приведеної раніше змістовної постановки задачі видно, що найближчими до неї є задачі великої розмірності зі спеціальною структурою розподілу на підзадачі, що у багатьох випадках успішно вирішуються методами декомпозиції. Ці методи досить добре розвинені для випадку, коли загальна задача поставлена формально (наприклад, як однокритеріальна задача математичного програмування), інформаційна структура проста (має матричну форму) і не висуває жорстких вимог ні до класу алгоритмів, ні до розпаралелювання операцій.

Як показали дослідження, проведені автором на прикладі віртуального об'єднання індустріального виробництва, декомпозиційні методи розв'язування задач математичного програмування дозволяють виділити деякі найпростіші прийоми, за допомогою яких розв'язок задачі математичного програмування може бути отриманий в результаті рішення послідовності підзадач, розмірність яких менше розмірності вихідної задачі. До таких прийомів звичайно відносять: метод генерації стовпців, поділу обмежень, прийоми, засновані на використанні результатів теорії двоїстості, поділи і закріплення змінних, агрегування змінних та інші. Метод Данцига-Вульфа поклав початок математичному програмуванню в умовах великої розмірності. Метод виявився особливо ефективним для рішення лінійних задач, матриця умов яких має блочно-діагональну структуру з невеликим числом єднальних обмежень. Основна ідея цього методу – принцип генерації стовпців, плідно використовується для розробки декомпозиційних методів рішення і більш загальних класів задач. Характерною рисою цих методів є використання так названої задачі, „що координує”, яка у порівнянні з вихідною має невелике число рядків і дуже багато стовпців. При цьому для рішення координуючої задачі використовуються методи,

які не припускають знання заздалегідь усіх стовпців у явному виді. Стовпці координуючої задачі генеруються в процесі рішення ряду незалежних підзадач.

Питання декомпозиції в задачах математичного програмування, заснованих на використанні двоїстого підходу, можуть бути вирішені з використанням класичного підходу Лагранжа. Так, у випадку, коли пряма задача є задачею великої розмірності, а функція Лагранжа – адитивною сепарабельною за змінними прямої задачі, то при фіксованих значеннях двоїстих змінних задача мінімізації функції Лагранжа розпадається на ряд незалежних підзадач.

Великий практичний інтерес має підхід, заснований на поділі й фіксації змінних. Поділ і фіксація змінних звичайно використовується в задачах математичного програмування, у яких пошук екстремуму по деякій групі змінних при фіксованих значеннях інших змінних здійснюється порівняно просто. У цьому випадку декомпозиційна схема, як правило, полягає в тому, що при фіксованих значеннях частини змінних знаходиться оптимальне рішення для інших, використовуючи яке, здійснюється корегування значень фіксованих змінних. Класичним прикладом цього підходу є метод Дж. Бендерса.

У числі інших декомпозиційних підходів можна відзначити декомпозиційні методи для рішення задач лінійного програмування при реалізації модифікацій симплекс-методу. Їхньою основою є симплекс-метод поліпшення припустимого вектора Л.В.Канторовича. Для декомпозиції блочно-діагональних задач лінійного програмування може бути використаний принцип динамічного програмування Беллмана. Підхід, заснований на методології послідовного аналізу варіантів, загальний формалізм якої розроблений В.С. Михалевичем [6] і розвинутий його учнями в роботі [7], є універсальним для

рішення задач оптимізації (у тому числі і цілочисельної). Загальна методика його полягає в необхідності побудови операторів аналізу множини можливих варіантів рішення задачі, що дозволяють відсівати множину завідомо безперспективних варіантів у міру того, як цю безперспективність вдається знайти. Методологія послідовного аналізу варіантів дозволяє розробляти і здійснювати декомпозицію схеми рішення задач. Найбільший ефект вони дають на попередньому етапі рішення задачі з метою її аналізу і, можливо, зменшення її розмірності.

У цілому, основні проблеми декомпозиційного підходу зв'язані з пошуком способу декомпозиції моделі (наприклад, матриці обмежень). Проте, при висуванні жорсткої вимоги розпаралелювання обчислень між декількома ЕОМ або процесорами багато загальних методів декомпозиції виявляються непридатними або неефективними. При цьому основні труднощі зв'язані з декомпозицією не моделі, а алгоритму, із поданням його в послідовно-паралельному вигляді із синхронізацією обчислень за тактами. Крім того, виникають складності з появою неформальності або багатокритеріальності, що вимагає залучення додаткової інформації (інтуїції, досвіду) ОПР (колективу ОПР). Таким чином, на шляху застосування більшості декомпозиційних методів для рішення розподілених задач розглянутого виду є наступні труднощі: багатокритеріальність, наявність декількох ОПР, необхідність їхньої одночасної взаємодії між собою і з ЕОМ; розбиття на підзадачі визначене заздалегідь складом підсистем і фахівців; наявність різних видів і структур взаємозв'язків підзадач; задачі можуть бути не до кінця формалізованими. У деяких випадках відсутність формалізації, зв'язану з участю ОПР (груп ОПР) у процесі прийняття рішень у розподіленій системі, можна з

визначеним ступенем точності усунути, використовуючи набори формальних критеріїв, функції вибору, системи відносин домінування, поняття нечіткої інформації і т.д. Так у роботах [6,7] в основі дослідження процесу колективного прийняття рішень лежить побудова загальної функції вибору на базі функцій вибору окремих фахівців. Основні проблеми застосування цих методів до розглянутої задачі зв'язані зі значними труднощами побудови частинних функцій вибору через неформалізованість цього процесу. У роботі [7] розглядаються питання моделювання дій фахівців на основі використання поняття нечіткої інформації. Тут основними труднощами є встановлення для кожної ситуації міри нечіткості і побудова алгебри, що має змістовну інтерпретацію над нечіткими поняттями.

Серед методів багатокритеріального вибору колективом фахівців на заданій множині альтернатив використовуються такі методи: метод обмежень, що застосовується при встановлених перевагах на множині критеріальних функцій; метод поступок, що використовується за наявності конструктивного відображення множини альтернатив на порядковій шкалі кожного з критеріїв; методи згорток множини критеріїв в один критерій, що звичайно застосовують для одержання деякого довільного ефективного рішення задачі; методи побудови множин Парето; методи, засновані на понятті точки ідеалу і низка інших методів. Слід зазначити, що для більшості цих методів дотепер залишається відкритим питання їхньої реалізації в розподілених системах, через те, що вони у своєму класичному вигляді, як правило, не задовольняють сформульованим вище вимогам, що висувуються до розподілених алгоритмів. Ще одним можливим підходом до побудови алгоритмів розглянутого класу задач є постановка задачі в термінах теорії ігор з

непротилежними інтересами. Наприклад, побудова безкоаліційної гри багатьох осіб, точка рівноваги якої давала би рішення вихідної задачі. При цьому стратегія кожного гравця повинна визначатися значеннями змінних, що належать одній з підсистем, а множина можливих стратегій – локальними умовами. Для відшукування точки рівноваги можуть бути застосовані ігрові алгоритми типу алгоритму Брауна-Робінсона. Відзначено, що цей підхід приводить до побудови алгоритмів з досить низькими теоретичними оцінками швидкості збіжності. До ігрового підходу з подібними інтересами близькі методи теорії активних систем [6,7]. Теорія активних систем має справу з узгодженням рішень у системах локальних підсистем, що зв'язані з деякою загальною (координуючою) підсистемою. Пропонуються методи зміни критеріїв локальних підсистем шляхом уведення штрафів і заохочень з метою змусити фахівців, що вирішують локальні підзадачі, приймати рішення, які улаштовують координатора. Питання побудови розподілених алгоритмів розв'язування такого класу задач у літературі не розглядалися.

Безпосереднє відношення до розглянутих питань мають методи системної оптимізації для цілеспрямованого формування припустимих рішень задач при варіюванні параметрів їх обмежень. Застосування цього підходу в розподілених системах сполучено зі значними труднощами встановлення напрямків, пріоритетів і величин корегування моделей кожної з підсистем, складністю координації цього процесу. В даний час ці задачі є малодослідженими. В ідейному відношенні до досліджень розподілених систем близькими є класичні роботи з рівнобіжних алгоритмів. Проте, існують й істотні особливості, пов'язані з об'єктами застосувань. У класичних роботах з рівнобіжних алгоритмів основний акцент робиться на створення спеціалізованих

багатопроекторних ЕОМ із жорсткою комутацією і розвиток обчислювальних схем, пристосованих до фіксованої комутації. Проблеми в галузі розподіленої оптимізації багато в чому визначаються задачами керування системами з територіально роз'єднаними елементами, зв'язок між якими може бути досить різноманітним і гнучким. Ефективне рішення задач, що виникають при цьому, можливо на шляху створення розподілених мереж ЕОМ, багатопроекторних ЕОМ.

Аналіз процесу узгодження прийняття рішень у реальних розподілених системах дозволяє сформулювати наступні особливості, що істотно утрудняють його моделювання:

- наявність складного змістовного об'єкта, щодо якого приймається рішення (при формуванні рішень він описується розподіленою багаторівневою інформаційною моделлю);

- складність адекватного відображення в одній системі математичних моделей усієї сукупності видів і структур їхніх взаємозв'язків, наявність цілого ряду специфічних вимог, що висуваються до моделей такого класу ;

- наявність не формалізованих умов і зон невизначеності, відсутність повного узгодження інтересів взаємозалежних підсистем;

- через надмірну складність загальну задачу неможливо вирішувати як єдине ціле, вона розбивається на ряд простих локальних задач, що розв'язуються окремими співвиконавцями;

- методи й алгоритми рішення локальних підзадач повинні задовольняти низку спеціальних вимог, що враховують особливості розподіленої інформаційної структури і включення в рішення ОПР (групи ОПР).

Усе це дозволяє віднести задачу узгодження рішень у розподілених системах до розряду слабкоструктурованих

проблем прийняття рішенні. Подібні задачі можна вважати задачами з елементами інтелекту. Їх доцільно вирішувати з використанням формальних математичних методів у сполученні з великим обсягом суб'єктивних суджень ОПР, тобто за допомогою діалогових (людино-машинних) процедур прийняття рішень. Природною для ОПР формою представлення інформації в ході діалогу є призначення припустимих інтервалів, що обмежують діапазони зміни значень вектора рішення, або завдання самих бажаних значень рішень. Це визначає доцільність реалізації процесу прийняття рішень у вигляді досить простих процедур, які досить легко інтерпретуються у предметній області, цілеспрямованого формування погоджених (компроміс-них) рішень з одночасною ідентифікацією, у разі потреби, погано формалізованих елементів моделі. Непогодженість рішень при цьому виражається у виді несумісності відповідних груп обмежень розподіленої системи.

Формальним апаратом аналізу й усунення несумісності можуть бути методи системної оптимізації [6] при пошуку бажаної, компромісної за перевагами ОПР точки.

На основі цього апарату отримані такі результати:

- 1) розроблено загальний підхід і методи узгодження рішень системи розподілених взаємозалежних підсистем;
- 2) розроблено розподілені алгоритми рішення оптимізаційних задач, що виникають у процесі узгодження рішень;
- 3) реалізовано процедури узгодження у вигляді діалогового пакета прикладних програм і проведено обчислювальний експеримент з їхнім використанням.

Висновки. Проблеми, що досліджені у даній статті, є складними і досить різноманітними. Вони мають значний науковий та практичний інтерес для вітчизняних фахівців у галузі управління складними системами. У роботі подано

лише деякі розв'язки проблеми побудови моделей та методів для систем прийняття рішень. Тому подальший розвиток досліджень у цьому напрямку має чітку перспективу.

Література

1. Глушков В.М. О последовательной оптимизации в линейных макроэкономических моделях / Глушков В.М. // Управляющие системы и машины. – 1973. – №4. – С. 3–5.
2. Глушков В.М. Введение в кибернетику / Глушков В.М. – К.: Изд-во АН УССР, 1964. – 324 с.
3. Волкович В.Л. Концептуальные положения проектирования научно-технического комплекса микроэлектроники в условиях интегрированной системы / Волкович В.Л., Федосеев А.Е., Тимашова Л.А // Методология построения интегрированных систем управления на основе сетей ЭВМ : Сб. научн. трудов. – К.: ИК АН УССР, 1989. – С. 5-9. – 110 с.
4. Волкович В.Л. Развитие интегрированных систем управления в условиях сетей ЭВМ / Волкович В.Л., Тимашова Л.А, Вербя А.В.. // Проблемы теории и практики комплексных АСУ : Сб. научн. трудов. – К.: ИК АН УССР, 1990. – С. 5-10. – 112 с.
5. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения / Ларичев О.И. – М.: Наука, 1987. – 218 с.
6. Михалевич В.С. Вычислительные методы проектирования и анализа сложных систем / Михалевич В.С., Волкович В.Л. – М.: Наука, 1983. – 336 с.
7. Михалевич В.С. Модели и методы оптимизации надежности сложных систем
8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Саати Т. – М.: Радио и связь, 1993. – 308 с.
9. Шкурба В.В. Проблемно-ориентированный комплекс в автоматизации общеорганизационного управления / Шкурба В.В., Тимашова Л.А // АСУ: Проблемно-ориентированные комплексы : Сб.научн. трудов. – К.: ИК АН УССР, 1981. – С.11-18. – 124 с.