УДК 004.9

А.В. Катренко, Д.С. Магац
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж

ІНФОРМАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА МЕТОДИ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ У СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

© Катренко А.В., Магац Д.С., 2010

Розглянуто проблеми розподілу ресурсів. Оптимізація розподілу дає змогу збільшити доходи та спростити виробничий процес. Розглянуто традиційну структуру процесу розподілу ресурсів та структуру на рівні основних компонентів.

Ключові слова: розподіл ресурсів, організаційна система, інвестування.

This Paper deals with resources allocation. Optimization of distribution to increase revenues and streamline the production process. Considered the traditional structure of the allocations of resources and structure at the level of major components.

Keywords: resources allocation, organizational system, investment.

Вступ

Сучасний керівник стикається з певними проблемами у процесі керування підлеглим йому суб’єктом (колективом, підприємством, державою тощо) або планування його діяльності. Однією з найважливіших є проблема недостатності (надлишку) інформації, необхідної для здійснення планування й ефективного керування. В областях математики, що досліджують керування в соціально-економічних й організаційних системах (теорія ієрархічних систем, теорія ігор, теорія активних систем, мікроекономіка тощо), запропоновано різноманітні методи усунення інформаційної невизначеності керівника системи. Один з поширених прийомів – повідомлення необхідної інформації підлеглими керівництву (наприклад, у теорії активних систем механізми керування з повідомленням інформації називаються механізмами планування). Під час розроблення механізмів керування з повідомленням інформації, поряд із традиційним завданням максимізації ефективності керування системою, виникає завдання не дати змоги підлеглим маніпулювати інформацією, що повідомляється ними, у власних цілях.

Організаційно системою (ОС) називається об’єднання людей, що спільно реалізують програму або ціль і діють, ґрунтуючись на певних правилах і процедурах. ОС дають змогу скерувати зусилля багатьох людей на спільне розв’язання великих завдань, зменшуючи при цьому витрати за рахунок спеціалізації. Однак ці переваги досяжні лише в тому випадку, коли ОС діє як єдине ціле. Координація дій окремих учасників ОС вимагає керування ними. Специфіка керування в ОС полягає саме в необхідності обліку й узгодження в процесі керування інтересів всіх учасників системи, зокрема керованих суб'єктів (агентів) і керуючого органа (центру).

Протягом минулого століття розвиток технологій зумовив створення усе більших і складніших організацій, що привело до необхідності розроблення науково обґрунтованих методів керування ОС [4].

Математичною основою цих методів стали теорії ієрархічних систем, що досліджують моделі прийняття рішень в умовах розбіжності інтересів сторін (гравців), коли кожна сторона прагне впливати на ситуацію у власних інтересах. Сучасна теорія ігор має два пов’язані між собою розділи – теорія некооперативних ігор досліджує поводження гравців в умовах відсутності коаліційної взаємодії (переговорів, угод і співпраці між гравцями), тоді як теорія кооперативних ігор акцентує свою увагу саме на коаліційній взаємодії. Теорія ієрархічних систем досліджує процеси керування та координації у складних багаторівневих системах.

Історично так склалося, що для побудови моделей ОС теорія керування використовує переважно апарат теорії некооперативних ігор, що найчастіше обмежує застосовність цих моделей для керування реальними ОС, з огляду на важливість кооперації в самому понятті організаційної системи.

Постановка задачі

Задачі розподілу ресурсів належать до найпоширеніших задач в умовах ринкової економіки. Характерною рисою сучасних ринкових стосунків є об'єднання зусиль підприємств, фірм, інших юридичних і фізичних осіб, а також загальнодержавних і місцевих органів влади для реалізації складних проектів і комплексних програм, що становлять спільний інтерес – як розподілити витрати на реалізацію проекту або програми, як розподіляти доходи, одержані у результаті їхньої реалізації, – центральні завдання, від ефективності розв’язання яких залежить успіх у досягненні поставлених цілей. Тому дослідження різноманітних моделей та механізмів розподілу ресурсів, їх класифікація є актуальним завданням

Аналіз останніх досліджень

Механізми розподілу ресурсу найчастіше використовуються в плануванні та управлінні. Розподіл сировини між підрозділами виробничого об'єднання, розподіл фінансування між філіями корпорації, розподіл трудових ресурсів між операціями певного проекту й багато іншого – все це приклади завдань розподілу ресурсу. Метою центру в таких завданнях звичайно вважається максимізація сумарного прибутку системи загалом.

У результаті дослідження існуючих моделей та завдань розподілу ресурсів виділено види моделей розподілу ресурсів (рис. 1).

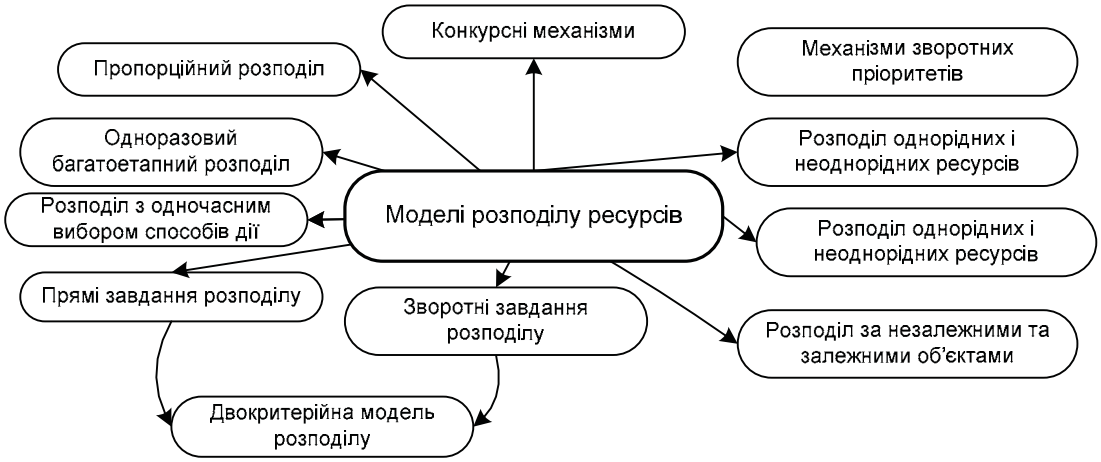

Рис. 1. Моделі розподілу ресурсів

Для моделі одноразового багатоетапного розподілу характерна відсутність фізично очевидних етапів розподілу, пов'язаних з необхідністю у певний спосіб резервувати певну частину ресурсів на виконання наступних замовлень. Використання подібних методів розв’язання завдань розподілу в чистому вигляді є неприйнятим, оскільки у своїй діяльності жодне підприємство не може орієнтуватися лише на завершення певного періоду, керівники завжди мають плани стратегічного розвитку.

Розподіл однорідних і неоднорідних ресурсів. Перехід від однорідних до неоднорідних ресурсів істотно ускладнює завдання розподілу. Однак якщо у модель вводять позикові кошти, що мають різні характеристики, можливе застосування методів цієї групи.

Розподіл з одночасним вибором способів дій. У багатьох випадках поряд з розподілом ресурсів за об'єктами вкладення доводиться також вибирати кращий серед різних способів дій, у нашому випадку спосіб функціонування окремого напряму, підрозділу, проектної групи.

Розподіл за незалежними і залежними об'єктами. Специфікою розподілу за залежними об'єктами є зростання розмірності завдання.

Прямі й зворотні завдання розподілу. Під прямими розуміють завдання, у яких необхідно домогтися найкращого в сенсі вибраного критерію ефекту від використання виділених ресурсів. У

зворотних завданнях відомий рівень ефективності, що повинен бути досягнутий у результаті використання ресурсів. До цього самого класу належать класичні завдання Марковіца: пошук максимуму прибутковості за певного рівня ризику й визначення мінімального ризику за заданої прибутковості. Ці два завдання доцільно об'єднати в єдину двокритерійну модель, що дає змогу вибирати прийнятне для суб'єкта виробничої діяльності співвідношення ризик–прибутковість.

Описання основних груп завдань розподілу дає поняття про складність поставленого завдання й зростання його розмірності з підвищенням ступеня відображення дійсності [5].

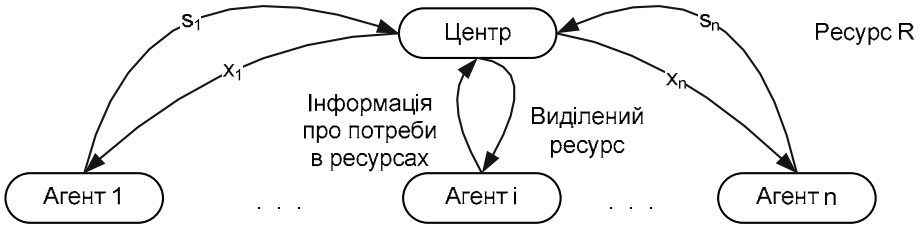

Рис. 2. Модель задачі розподілу ресурсів

Розглянемо систему, яка складається із центру й n агентів (рис.2). Центр розподіляє між агентами деяку кількість ресурсу R для подальшого його перетворення. Перетворенням називається процес «трансформації» ресурсу в корисність для агентів, що може інтерпретуватися в деяких завданнях як їх прибуток, в інших може означати, наприклад, виконану роботу.

Процес перетворення зазвичай моделюється виробничою функцією агента $f_i(x_i)$, що визначає відповідність між кількістю ресурсу x_i у розпорядженні i-го агента і його корисністю.

Завдання ускладнюється тим, що центр у загальному випадку не знає точно виробничих функцій агентів, тобто змушений діяти в умовах невизначеності, зокрема й щодо власних цілей, оскільки метою центру в цьому завданні є максимізація сумарної корисності агентів системи.

Для одержання інформації про потреби агентів центр збирає від них замовлення $s_i \in [0, R]$ на ресурс, тобто повідомлення про ту кількість ресурсу, яку агенти хотіли б отримати. На підставі цих заявок центр видає *i*-му агентові ресурс в обсязі, зумовленому механізмом розподілу ресурсу π. Механізм розподілу ресурсу – це вектор-функція $x_i = \pi_i(s_1 ... s_n)$, $i \in N$, що за набором замовлення визначає для кожного агента кількість ресурсу, яку той отримає.

Вважатимемо, що виробничі функції мають один максимум, що характерно для більшості інтерпретацій. Так, наприклад, виробнича функція може бути різницею лінійного (або ввігнутого) доходу від реалізації готової продукції й опуклих витрат. Така функція матиме максимум, що відповідає оптимальним для агента умовам виробництва. Якщо припустити, що, крім виробництва, яке завжди має обмежені потужності, агент має можливість реалізації ресурсу на зовнішньому ринку (тобто поза межами ОС), у виробничу функцію додасться лінійна або ввігнута складова. Наявність одного максимуму виробничих функцій є цілком логічним припущенням і з погляду загальніших передумов, оскільки припускає наявність найбажанішої для агентів кількості ресурсу, з віддаленням від якої корисність для агента монотонно спадає.

Вважається, що кожен агент точно знає цільові функції всіх агентів, а центр знає тільки загальний вид цільових функцій, тобто те, що кожна з них має один мінімум. За фіксованого механізму розподілу центр не є одним із гравців, тому що його вплив фіксований й відомий агентам [4].

Розглянемо дві основні схеми взаємодії агентів. У першій схемі кожен агент повідомляє оцінку y_i необхідних йому ресурсів (матеріальних або фінансових), використання яких дає йому певний дохід $\varphi_i(y_i)$ (в окремому випадку ця оцінка може інтерпретуватися безпосередньо як оцінка доходу, який агент розраховує одержати від реалізації загальної програми). Витрати $C(Y)$ на спільну для всіх агентів програму (на забезпечення необхідними ресурсами) залежать від

сумарного ресурсу $Y = \sum_{j=1}^{n} y_j$, який потребують агенти. Задача полягає у визначенні механізму розподілу цих витрат між агентами $x_i = \pi_i(y_i)$, де $y = (y_1, y_2, ..., y_n)$, $i = \overline{1,n}$, де n – кількість агентів, очевидно, що $\sum_i x_i = C(Y)$

У другій схемі кожен агент повідомляє свою функцію доходу $\varphi_i(y_i)$ (зазвичай передбачається, що функція доходу $\varphi_i(y_i)$ задана в параметричному вигляді: $\varphi_i(y_i, r_i)$, де r_i – параметр і кожен агент повідомляє оцінку s_i цього параметра). На підставі цієї інформації визначається й кількість ресурсу $y_i = \eta_i(s)$, який одержує i -й агент на цю програму.

Функціонування системи за заданого механізму розподілу витрат можна розглядати як гру n осіб (агентів), стратегіями яких є повідомлення оцінки необхідного ресурсу (або оцінки параметрів функції доходу), а функція виграшу дорівнює різниці доходу й витрат [2].

Механізми розподілу ресурсу становлять великий і надзвичайно важливий з погляду практичних застосувань клас механізмів керування активними системами (АС) із повідомленням інформації. Вивчаючи їх, вирішують два основні питання – синтезу механізму максимальної ефективності й дослідження здатності до маніпулювання механізмами планування, тобто можливості побудови для них еквівалентних прямих механізмів. Розрізняють такі механізми розподілу ресурсу: пріоритетні, конкурсні.

Класичним прикладом механізму розподілу ресурсу є механізм пропорційного розподілу:

$$x_i = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} R$$

Механізми зворотних пріоритетів мають вигляд:

$$x_i(s) = \begin{cases} s_i, & \sum_i s_i \le R \\ \min\left[s_i, \gamma\eta_i(s_i)\right], & \sum_i s_i \ge R \end{cases}$$

де $\eta_i(s_i)$ – функція пріоритету АЕ;, що спадає за його замовленням, а параметр γ визначається з такого балансового обмеження:

$$\sum_i \min\left[s_i, \gamma\eta_i(s_i)\right] = R$$

Якщо використовуються функції пріоритету виду $\eta_i(s_i) = A_i / s_i$ (A_i – ефект, s_i – витрати, $\eta_i(s_i)$ – ефективність), то стратегія $s^*_i = \frac{\sqrt{A_i}}{\sum_i \sqrt{A_i}}$ є гарантуючою й АЕ завжди може отримати будь-яку меншу кількість ресурсу, тому домінантною стратегією АЕ є $s_i^d = \min\left\{r_i, s^*_i\right\}$.

Для механізмів зворотних пріоритетів доведено, що вони забезпечують оптимальний розподіл ресурсу; для них можна побудувати відповідні прямі механізми.

Конкурсні механізми належать до особливого типу пріоритетних механізмів, у яких на основі пріоритетів визначається множина переможців. Переможці конкурсу або одержують право на одержання ресурсу, або одержують вигідне замовлення тощо [3].

Розподіл ресурсів на конкурсній основі означає, що ресурс насамперед одержують споживачі – учасники конкурсу, у яких ефективність використання ресурсу максимальна, причому під ефективністю розуміють питомий ефект. Центр упорядковує АЕ у послідовності зменшення ефективностей і розподіляє ресурс у розмірі, заявленому АЕ, поки не закінчиться весь ресурс – так звані безперервні конкурси.

Якщо ефективності використання ресурсу елементами не відомі центру й повідомляються останніми, то виникає проблема маніпулювання. Для конкурсних механізмів зі штрафами з розбіжністю реальної й заявленої ефективностей досліджені властивості рівноважних повідомлень АЕ. Також доведено, що конкурсний механізм забезпечує оптимальний розподіл ресурсу. Більше того, для будь-якого конкурсного механізму існує еквівалентний (не меншої ефективності) механізм відкритого керування, у якому повідомлення достовірної інформації є домінантною стратегією АЕ. Досліджувалася можливість утворення коаліцій між переможцями конкурсу й тими, що програли АЕ в умовах, коли переможці й ті, що програли, мають можливість перерозподіляти ресурс між собою, або/і перерозподіляти ефект від його використання [1].

Основний матеріал

Для визначення механізмів розподілу витрат виділимо такі терміни:

- Механізм розподілу ресурсу називається монотонним, якщо збільшення заявки деякого агента за фіксованих заявок призводить до монотонної зміни (збільшення або зменшення) ресурсу, який він одержує.
- Механізм розподілу ресурсу називається анонімним, якщо кількість ресурсу, що одержують агенти, не змінюється при їхній довільній перестановці. Механізм розподілу ресурсу відносно ефективності буде анонімним тільки тоді, якщо всі коефіцієнти важливості рівні між собою.
- Механізм розподілу ресурсу має властивість «меншої заявки», якщо за деякого вихідного розподілу заявок агент зміною своєї заявки (за фіксованих інших) може одержати як завгодно меншу кількість ресурсу. Звичайно також передбачається, що при збільшенні загальної кількості ресурсу R кожен агент отримує ресурсу не менше ніж раніше.
- Механізм розподілу ресурсу називається безперервним, якщо процедура розподілу безперервна за заявками агентів.

Механізми фінансування є важливим підкласом механізмів розподілу ресурсів. Ці механізми мають такі підсистеми: змішане фінансування й кредитування, самозабезпечення, страхування, антизатратні механізми тощо.

Ідея змішаного фінансування полягає в тому, що кошти однієї з організацій на деякий проект виділяються лише за умови, якщо й інша організація (партнер) зобов'язується виділити на цей проект власне фінансування. В чіткій фіксації часток вкладених коштів є недоліки – охочих вкласти власні кошти буде або занадто багато, або може не бути взагалі. Отже, виникає завдання синтезу механізму з величинами часток фінансування. Проте існують умови, за яких механізм змішаного фінансування забезпечує більше залучення коштів, ніж пряме фінансування проекту, до того ж використання цього механізму вигідне як для центру, так і для організацій-кредиторів.

Якщо певний проект складається із сукупності робіт, до того ж для початку виконання кожного підпроекту потрібні деякі витрати, а його закінчення приносить прибуток, то виникає завдання побудови механізму самофінансування, тобто завдання визначення оптимальної послідовності виконання робіт.

Важливий клас механізмів фінансування становлять механізми страхування, що ґрунтуються на вигідному перерозподілі ризику між нейтральним до ризику страховиком – центром і несхильним до ризиком страхувальником – АЕ. Якщо відзначається асиметричне інформування (наприклад, центр може не знати точного розміру збитку від настання страхового випадку або мати неточну оцінку ймовірності настання цієї події тощо), знову ж виникає проблема маніпулювання з боку агентів.

Якщо конкурсні механізми розраховані на використання в ситуаціях, коли є кілька керованих суб'єктів приблизно "рівної чинності", то антизатратні механізми дають змогу ефективно управляти монополістами.

Антизатратними називаються такі механізми керування, які спонукають кожного агента максимально підвищувати ефективність своєї діяльності, виконувати відповідну роботу з високою якістю й мінімальними витратами.

Основою використання антизатратних механізмів є така ідея. Уявимо, що функція мети АЕ залежить від змінних двох типів – параметрів, що обираються ним самостійно (витрати праці, обсяг

випуску тощо), і параметрів, що встановлюються центром – керувань (наприклад, нормативи рентабельності, коефіцієнти ціноутворення, податкові показники тощо). Завдання центру полягає у виборі таких значень керувань, щоб функція мети АЕ поводила себе у необхідний спосіб (наприклад, зростала або спадала за відповідними параметрами, що обираються АЕ). Прикладами є антизатратні механізми ціноутворення та антизатратні механізми оподатковування.

Передусім виділяють пріоритетні механізми. У цих механізмах для кожного агента визначається його пріоритет і витрати розподіляються прямо пропорційно до пріоритетів агентів. Залежно від виду функцій пріоритету виділяють механізми абсолютних, прямих і зворотних пріоритетів. В механізмі прямих пріоритетів виділимо три види функцій пріоритету: опуклу, лінійну й увігнуту.

Порівнювати механізм зворотних пріоритетів зі звичайними пріоритетними механізмами в цьому випадку не вдається, тому що пріоритетний механізм зі спадними функціями пріоритету не задовольняє умову монотонності. Проте механізм зворотних пріоритетів дає досить серйозні переваги агентам з меншими замовленнями. А саме: такі агенти платять за ту саму кількість ресурсу менше ніж агенти з більшими замовленнями.

Наступними механізмами розподілу є конкурсні механізми. Ці механізми становлять особливий клас пріоритетних механізмів. Агенти впорядковуються за величиною пріоритетів. Агент із найвищим пріоритетом є в певному змісті диктатором. Він одержує ресурс передусім. Інші агенти одержують ресурс у порядку спадання пріоритетів. Розподіл витрат при цьому можливий різними способами. Однак повинна виконуватися така умова: витрати агента можуть залежати тільки від його заявки й від заявок агентів з вищим пріоритетом.

Багатоетапні механізми розподілу витрат. Ресурс розподіляють на етапах, аж поки на черговому етапі не буде охочих одержати ресурс. На кожному етапі агенти дають замовлення на ресурс, яку кількість і якого ресурсу вони бажають одержати на певному етапі. Є різна організація багатоетапних процедур. Можна на кожному етапі робити кілька ітерацій, наближаючись до ситуації рівноваги на цьому етапі. Або, навпаки, на кожному етапі допускати тільки одну ітерацію (одне повідомлення заявок), повторюючи процедуру після того, як на черговому етапі заявки дорівнюватимуть нулю.

Багатоетапні механізми привабливі тим, що вони дають змогу застосувати для розподілу витрат процедури розподілу обмеженого ресурсу. За рахунок зростання ціни ресурсу зі зростанням номера етапу агентам краще одержувати ресурс на ранніх етапах. Цей факт ще більше зближає багатоетапну процедуру розподілу витрат із процедурами розподілу обмеженого ресурсу.

Двооцінні механізми з повідомленням оцінки ефекту або ефективності розподілу витрат.

У тих випадках, коли центр, що розподіляє ресурс, має можливість одержати інформацію про фактичний ефект агентів від використання ресурсу, розподіл витрат може здійснюватися на основі двох оцінок – необхідної кількості ресурсу й очікуваної ефективності його використання, де під ефективністю розуміють відношення ефекту до ресурсу. Наявність у центра інформації про фактичний ефект дає йому змогу застосовувати систему санкцій (штрафів і премій) у випадку, коли очікуваний (або обіцяний агентом) ефект не збігається з фактичним.

Якщо коефіцієнт штрафу такий великий, що перевищення очікуваного ефекту над фактичним явно невигідне агентові, то настане випадок «сильних штрафів». Як правило, механізми розподілу витрат, що використовують оцінки ефективності, улаштовані так, що агент зацікавлений завищити оцінку.

Всі описані вище механізми розподілу витрат можна застосувати й у випадку двох оцінок. Для двооцінних механізмів умова анонімності видається природною й справедливою, оскільки оцінки ефективності цілком відображають розходження між агентами.

Параметричними називають механізми розподілу витрат, у яких агенти повідомляють параметри функції ефекту, на основі яких центр визначає розподіл ресурсу, а на основі розподілу ресурсу визначається розподіл витрат. Застосування параметричних механізмів можливе в тих випадках, коли центр має доволі точне подання про параметричний вид функцій ефекту агентів (знає ці функції з точністю до параметрів).

У разі великої кількості агентів доволі обґрунтованим є припущення про слабкий вплив кількості ресурсу окремого агента на загальні для всіх агентів величини (гіпотеза слабкого впливу).

Якщо використати гіпотезу слабкого впливу, то можна запропонувати параметричний механізм, захищений від маніпулювання даними, що забезпечують оптимальний рівень витрат й оптимальний розподіл ресурсу між агентами. На жаль, якщо гіпотеза слабкого впливу не справджується, то вирішення завдання істотно ускладнюється.

Використання децентралізованих механізмів характерне для великих проектів, у які залучена дуже велика кількість виконавців. У цьому випадку центр поодинці не може обробити заявки всіх агентів. Замість цього агентів ділять на групи, що характеризують, наприклад, основними напрямами виробничої діяльності, й центр спочатку розподіляє ресурс між цими напрямами, а потім центри проміжного рівня (менеджери напрямів) розподіляють ресурс між агентами. Така система буде вже трирівневою (центр – менеджери напрямів – агенти), на відміну від дворівневої системи (центр – агенти). На різних етапах розподілу ресурсу (між напрямами, у межах одного напряму) можуть використовуватися як конкурсні, так і пріоритетні механізми розподілу. Дослідження децентралізованих механізмів розподілу ресурсу зводиться до вивчення децентралізованості механізмів розподілу ресурсу попередніх видів.

Висновки

Розглянуто сфери застосування та запропонована класифікація методів розподілу ресурсів, що дає змогу обґрунтовано вибрати оптимальний метод у галузі інвестування.

Здійснений аналіз прийняття інвестиційних рішень з погляду основних технологій – інтуїтивної та раціональної. Розглянуто структуру процесу оцінки альтернативних варіантів і традиційну структуру процесу розподілу ресурсів та їх структуру на рівні основних компонентів.

1. Бурков В.Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 128 с. 2. Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике / [Бурков В.Н., Горгидзе И.И., Новиков Д.А., Юсупов Б.С.] – М., 1996 (Препринт/Институт проблем управления) – 61с. 3. Гилев С.Е. Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием / С.Е. Гилев, С.В. Леонтьев, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 52 с. 4. Губко М.В. Управление организационными системами с коалиционным взаимодействием участников / М.В. Губко – М.: ИПУ РАН (научное издание), 2003. – 140 с. 5. Оптимизационные модели распределения инвестиций на предприятии по видам деятельности [Баркалов С.А., Бакунец О.Н., Гуреева И.В., Колпачев В.Н. и др.]. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 68 с. 6. Бурков В.Н. Механизмы согласования корпоративных интересов / В.Н. Бурков, В.В. Дорохин, В.Г. Балашов. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 73 с. 7. Коргин Н.А. Неманипулируемые механизмы обмена в активных системах / Н.А. Коргин. – М.: ИПУ РАН (научное издание), 2003. – 126 с. 8. Мулен Э. Кооперативное принятие решений: аксиомы и модели / Э. Мулен. –М.: Мир, 1991. – 464 с. 9. Мулен Э. Теория игр с примерами из математической экономики / Э. Мулен. – М., 1985. – 200 с. 10. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: Навч. посіб. / А.В. Катренко. – Львів, 2005. – 424 с. 11. Верес О.М. СППР з керування розподілом обмежених ресурсів / О.М. Верес, Ю.О. Верес, А.В. Катренко. – Національний університет "Львівська політехніка".