

БАГАТОВИМІРНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ ГЛОБАЛЬНОГО КРИТЕРІЮ ОПТИМАЛЬНОСТІ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ПІДПРИЄМСТВА

У статті розглянуто методологічні проблеми пошуку області Парето-оптимальних рішень задачі багатокритеріальної оптимізації. На прикладі побудови глобального критерію оптимальності задачі планування виробничої програми підприємства обговорено питання використання багатовимірних статистичних методів, зокрема, кластерного та регресійного аналізу.

Methodological problems of search area Pareto-optimal solutions of many-criteria optimization are considered in the article. On the example of building a global optimality criterion of task planning company production program the usage of multivariate statistical methods, including cluster and regression analysis is discussed.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Однокритеріальна оптимізація виробничої програми, що заснована на теорії лінійного програмування, має серйозні недоліки, які пов'язані зі звуженим (одноцільовим) підходом до визначення місії промислового підприємства. Вказані недоліки зазвичай проявляються в тому, що рекомендації, отримані на основі традиційних моделей, часто втрачають практичну цінність, унаслідок чого економічна практика відноситься до них досить скептично.

Багатокритеріальна оптимізація більш адекватна цілям і задачам діяльності промислового підприємства і знаходиться в площині багатоцільового системного підходу до вирішення завдань в рамках стратегічного та тактичного внутрішньозаводського планування виробництва і збуту готової продукції.

Орієнтація математичних моделей на багатоцільове вирішення планово-економічних завдань відкриває нові можливості використання систем техніко-економічних і фінансових показників, які застосовуються для оцінки діяльності виробничих підрозділів та в управлінні промисловим підприємством у цілому.

Отже, багатокритеріальна оптимізація є наслідком нових уявлень про місію й цілі промислового підприємства: справжнього успіху у сучасній конкурентній боротьбі на зовнішніх та внутрішніх ринках можна досягти лише шляхом одночасної реалізації, принаймні, двох груп цілей – економічних та неекономічних.

До неекономічних можна віднести соціальні цілі, наприклад, заходи щодо поліпшення умов праці. Іноді неекономічні цілі можуть відрізнятися від очікувань деяких внутрішніх або зовнішніх сил підприємства. Так, акціонери можуть бути незадоволені тим, що керівництво підприємства підвищує витрати на переобладнання цеху, тому що такі витрати не створюють короткострокового прибутку. Однак, менеджери підприємства не повинні забувати про формулювання неекономічних цілей, оскільки будь-яка організація – це не просто ділова структура, націлена на отримання прибутку, але й співтовариство людей з властивими їм людськими потребами. Люди – це найважливіший фактор успіху підприємства, тому не можна забувати про їхні інтереси.

Економічні цілі підприємства, виражені в показниках господарської діяльності, можна, у свою чергу, розділити на кількісні та якісні. Приклад кількісної цілі підприємства –

збільшення частки ринку до 5% в певному році. Приклад якісної мети – досягнення технологічної переваги над підприємствами-конкурентами галузі (підгалузі тощо).

Як економічні, так і неекономічні цілі можуть бути розділені з точки зору періоду їх досягнення на короткострокові, середньострокові та довгострокові. Довгострокові цілі, як правило, не мають чітко виражених кількісних характеристик, вони більшою мірою пов'язані з місією підприємства. Короткострокові цілі обов'язково мають конкретний зміст та вказують: що і коли має бути досягнуто (в тому числі в кількісному виразі); хто конкретно (який підрозділ підприємства) виконує завдання по досягненню мети.

Діяльність промислового підприємства об'єктивно дуже різноманітна, тому організація безпосередньо не може бути зосереджена на єдиній меті, а повинна визначити декілька найбільш значних орієнтирів дій. Виділяють такі ключові простори, в рамках яких підприємство визначає свої цілі:

- 1) становище на ринку;
- 2) інновації;
- 3) продуктивність;
- 4) ресурси;
- 5) прибутковість;
- 6) управлінські аспекти;
- 7) персонал;
- 8) соціальна відповідальність [1, с.302–304].

Таким чином, відсутність єдиного вимірювача ступеня виконання місії сучасного промислового підприємства і необхідність застосування багатокритеріальної оптимізації при розробці виробничої програми надають вагомі підстави розглядати універсальний критерій економічної ефективності його діяльності як прихований, латентний показник, що не піддається безпосередньому вимірюванню. На поверхні економічних явищ він проявляється у вигляді вектору, до складу якого входять локальні критерії економічної ефективності – так звані чинники-симптоми. Їх роль виконують звичайні показники економічного ефекту та ефективності, наприклад, бухгалтерський та маржинальний прибуток, обсяг реалізації продукції (робіт, послуг), частка ринку даного підприємства, рентабельність виробництва тощо.

Аналіз досліджень і публікацій останніх років. Питанням багатокритеріальної оптимізації і, зокрема, кількісної оцінки глобального критерію оптимальності присвячено численні публікації в закордонній та вітчизняній математико-статистичній та економічній літературі. Вперше дана проблема була сформульована видатним представником математичної гілки лозаннської школи маржиналізму В. Парето у 1896 р., заслуга якого полягає в тому, що він запропонував одне з фундаментальних понять даного напрямку оптимізації – поняття оптимальності (ефективності), що носить його ім'я. Воно являє собою узагальнення поняття точки екстремуму вектору цільових функцій у разі декількох критеріїв. Рішення вважається Парето-оптимальним, якщо значення кожного з локальних критеріїв, що входять до вектору оптимізації, можна поліпшити лише за рахунок погіршення значень інших локальних критеріїв.

Отже, для будь-яких двох рішень, що належать області Парето-оптимальних рішень, обов'язково має місце протиріччя хоча б з одним із локальних критеріїв. Це автоматично призводить до необхідності проводити вибір рішення саме в області Парето-оптимальних рішень на основі певної схеми компромісу. Тому, множину Парето-оптимальних рішень іноді називають областю компромісів.

В теперішній час указану проблему вивчали В. В. Беляков, А. Ю. Брила, М. Е. Бушуєва, І. І. Бурлаченко, О. П. Гожий, С. А. Ісаєв, О. М. Козачко, В. Д. Ногін, В. В. Подіновський, О. П. Ротштейн, А. Г. Трифонов, С. Д. Штовба, Р. Штойер та ін. У наукових працях цих вчених розглядаються різноманітні методи та підходи до визначення області Парето-оптимальних рішень, у тому числі й до побудови глобального критерію оптимальності, кожний з яких володіє певними перевагами і недоліками. Тому, до

теперішнього часу більшість із них залишаються дискусійними та потребують подальшого розвитку і вдосконалення.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Теоретично доведено, що векторні задачі оптимізації не мають універсального і точного способу розв'язання. Можна говорити лише про певне наближення до оптимального варіанту їхнього вирішення з урахуванням специфіки кожного конкретного випадку.

В економічній та математико-статистичній літературі з даних проблем існує досить велика кількість методів та підходів до пошуку наближеного до оптимального варіанту рішення, яким притаманні певні переваги і недоліки.

Вибір та коректне застосування будь-якого з відомих способів, які забезпечують отримання наближеного до оптимального варіанту рішення, залишається за суб'єктом управління.

Тому виникає проблема пошуку задовільних рішень задачі векторної оптимізації на основі оцінки латентного показника «універсальний критерій економічної ефективності», зокрема, шляхом побудови глобального критерію оптимальності. Цей факт обумовлює необхідність проведення подальших теоретико-методологічних та практичних досліджень у вказаному напрямку.

Постановка завдання. Одним з поширених підходів до пошуку області Парето-оптимальних рішень є група методів, що полягає в зведенні багатокритеріальної задачі до однокритеріальної шляхом згортання векторного критерію в один глобальний критерій. На думку автора, такий підхід у неявному вигляді припускає розглядання універсального критерію ефективності як латентного показника, а шукаємий глобальний критерій являє собою лише деяку його оцінку. При цьому процес вирішення поставленої задачі складається з двох головних етапів:

- 1) побудова оцінки латентного показника, що вивчається, шляхом поєднання локальних критеріїв в один глобальний критерій;
- 2) подальший пошук його максимуму або мінімуму за допомогою лінійного (нелінійного) програмування або на основі інших методів.

Якщо поєднання локальних критеріїв здійснено на базі їх об'єктивного взаємозв'язку з латентним показником «універсальний критерій ефективності», тоді оптимальне рішення буде коректним. Але, як показує практика досліджень, такий результат отримати вкрай складно або часто зовсім неможливо. Тому, як правило, знайдена оцінка у вигляді глобального критерію оптимальності є чисто формальним об'єднанням локальних критеріїв.

Залежно від того, яким чином локальні критерії поєднуються в глобальний критерій, розрізняють такі види глобальних критеріїв [2–4]:

- 1) адитивний;
- 2) мультиплікативний;
- 3) максимінний (мінімаксний).

Мета статті полягає в розробці методологічних засад використання кластерного та регресійного аналізу, що входять до складу багатовимірних статистичних методів та моделей, в процесі визначення глобального критерію оптимальності задачі оптимізації виробничої програми підприємства [5, с.16–23].

Виклад основного матеріалу дослідження. Початкове застосування запропонованого підходу в економічних дослідженнях спостерігалось при оцінюванні фінансового стану підприємства [6, с.280–283], а також інших латентних показників, зокрема, конкурентоспроможності [7, с.274–277], [8, с.254–257]. У цих роботах він відомий як метод експрес-діагностики, що налаштований, в першу чергу, на розпізнавання нових об'єктів – діагностування ймовірності банкрутства підприємств, які не входять у статистичну сукупність досліджуваних об'єктів.

В даній статті, що ставить за мету створення принципово нового глобального критерію оптимізації виробничої програми підприємства за допомогою кластерного та

регресійного аналізу, такий підхід автор надалі називатиме багатовимірним статистичним методом (БСМ).

Головні ідеї БСМ незалежно від сутності латентного показника, що вивчається, полягають у такій послідовності дій:

- 1) теоретичне визначення важливіших факторів (чинників-симптомів), що детермінують шуканий латентний показник;
- 2) виділення декількох однорідних груп об'єктів (кластерів) в просторі важливіших чинників-симптомів;
- 3) ідентифікація виділених груп, ранжирування їх і квантифікація, тобто присвоєння кожній групі певного значення латентної ознаки з урахуванням отриманих ними рангів (наприклад, 1, 2, ..., p);
- 4) побудова регресійної моделі, що описує залежність установлених значень латентної ознаки від важливіших чинників-симптомів.

Стосовно даної задачі оптимізації виробничої програми підприємства вказані дії перетворюються в такі послідовні етапи БСМ:

1. Вибір на основі економічної теорії промислового підприємства (зокрема, з урахуванням його місії) з безлічі можливих частинних показників ефекту (ефективності) виробництва S локальних критеріїв K_1, K_2, \dots, K_S його діяльності, що надалі будуть застосовані як локальні критерії оптимальності. В ролі локальних критеріїв у задачі виробничого планування на підприємстві можна розглядати максимум чистого доходу від реалізації виробленої продукції, частки її ринку, величини бухгалтерського, маржинального прибутку, рівня рентабельності; мінімум собівартості виробництва, витрат фінансових, матеріальних і трудових ресурсів тощо.
2. Побудова математичної моделі задачі багатокритеріальної оптимізації виробничої програми підприємства, яка повинна включати:
 - набір цільових функцій, що відповідають обраним локальним критеріям K_1, K_2, \dots, K_S ;
 - обмеження у вигляді нерівностей щодо наявних ресурсів (матеріальних, трудових, фінансових), які передбачається використати в майбутньому виробництві, а також обмеження на випуск продукції (робіт, послуг), що визначаються реальним ринковим попитом.
3. Визначення деяким способом кінцевої сукупності допустимих рішень Y_k ($k = 1, 2, \dots, Q$) задачі оптимального планування виробництва на підприємстві, тобто таких, що задовольняють усім обмеженням математичної моделі. Подальший підрахунок значень обраних цільових функцій (локальних критеріїв K_1, K_2, \dots, K_S) і представлення їх у вигляді матриці:

$$\begin{pmatrix} K_{11}, K_{21}, \dots, K_{Q1} \\ K_{12}, K_{22}, \dots, K_{Q2} \\ \dots \\ K_{1S}, K_{2S}, \dots, K_{QS} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Розмірність матриці (1) – $S \times Q$. При цьому її стовпці – це набори значень локальних критеріїв оптимальності для окремих варіантів рішень (будемо надалі розглядати їх як об'єкти), а рядки – значення певної цільової функції для всіх варіантів рішень (ознаки досліджуваних об'єктів).

Початкові значення множини допустимих рішень Y_k можна знайти, наприклад, вирішуючи послідовно S однокритеріальних задач оптимізації за кожною з обраних цільових функцій.

Подальше розширення обсягу сукупності допустимих рішень Y_k можливе на основі одиничних прирощень (знижень) об'ємів запланованого виробництва X_1, X_2, \dots, X_n

з обов'язковою перевіркою виконання обмежуючих нерівностей математичної моделі задачі багатокритеріальної оптимізації.

4. Багатовимірне угруповання Q об'єктів у просторі S ознак за допомогою арсеналу методів кластерного аналізу, зокрема, з використанням модуля «Кластерний аналіз» системи STATISTICA [9, с.185–203]. В рамках цього програмного забезпечення пропонується ієрархічна агломеративна процедура, метод k -середніх та алгоритм подвійного об'єднання [10, с.31–138].

В результаті здійснюється виділення p кластерів ($p \geq 3$), ідентифікація їх та ранжирування за рівнем досліджуваного латентного показника «універсальний критерій ефективності».

Далі проводиться квантифікація кластерів, тобто присвоєння кожній із виділених груп певного значення латентної ознаки у відповідності з отриманим рангом. Наприклад, 1 – кластеру з найгіршими показниками локальних критеріїв оптимальності, що поєднує рішення-аутсайтери; 2 – кластеру з показниками, трохи вищими за попередній; ...; p – кластеру з найкращими показниками, який включає рішення-лідери;

5. Побудова регресійної моделі, що описує залежність установлених значень латентної ознаки від обраних ознак (важливіших чинників-симптомів латентного показника, що вивчається), на основі матриці вихідних даних наступного типу:

$$\begin{pmatrix} 1 & K_{11}, K_{21}, \dots, K_{Q1} \\ 2 & K_{12}, K_{22}, \dots, K_{Q2} \\ \dots & \dots \\ p & K_{1s}, K_{2s}, \dots, K_{Qs} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

При цьому кореляційно-регресійний аналіз [11, с.61–88], який включено у вигляді стандартних програм у більшість комп'ютерних редакторів (зокрема, в редактор Excel, в систему STATISTICA та ін.), дозволяє за допомогою перевірки статистичних гіпотез виявити найбільш значущі локальні критерії, що визначають рівень латентного показника «універсальний критерій ефективності», а також установити вагові коефіцієнти a_1, a_2, \dots в кінцевому варіанті формули глобального критерію оптимальності.

Хоча проведення всіх перелічених етапів потребує широкої інформаційної бази у вигляді достатньої кількості об'єктів (допустимих рішень поставленої задачі Q), а також відповідної економічної, статистичної та математичної підготовки фахівців-аналітиків, отримане рівняння регресії (глобальний критерій оптимальності у вигляді єдиної цільової функції) може служити досить надійним засобом визначення кількісного рівня досліджуваного латентного показника не лише для об'єктів сукупності, що розглядалась, а й для «нових» об'єктів. Тобто, БСМ здатний забезпечити успішне вирішення завдання багатокритеріальної оптимізації з метою виявлення найкращих варіантів майбутньої виробничої програми підприємства.

Його складність та певний суб'єктивізм при виборі найважливіших локальних критеріїв оптимальності, що впливають на шуканий латентний показник, а також при визначенні кластерів однотипних об'єктів й ідентифікації рівня універсального критерію ефективності у виділених групах за допомогою дискретної шкали (1, 2, ..., p) сповна компенсуються досить широкими можливостями прикладного впровадження. Крім того, БСМ виходить з передумови не функціонального, а стохастичного зв'язку між рівнем шуканого латентного показника та чинниками-симптомами, що визначають його величину. Отже, в даному випадку вагові коефіцієнти a_1, a_2, \dots знаходяться цілком об'єктивно, без втручання експертів.

На погляд автора, зіставлення перелічених недоліків та переваг БСМ указує на те, що цей метод цілком придатний для досить обґрунтованого та об'єктивного оцінювання

латентного показника, що обговорюється в даній статті – універсального критерію ефективності діяльності підприємства.

Висновки і перспективи подальших розробок. На основі висунутої гіпотези про латентний характер універсального показника економічної ефективності діяльності промислового підприємства в даній статті запропоновано і розроблено багатовимірний статистичний метод його оцінки за допомогою послідовного використання кластерного і регресійного аналізу значень попередньо обгрунтованого набору локальних критеріїв оптимальності. Це, в решті решт, дозволяє отримати глобальну цільову функцію і звести векторну задачу оптимізації до традиційної однокритеріальної, тим самим, забезпечуючи успішний пошук області Парето-оптимальних рішень задачі оптимізації виробничої програми підприємства.

До переваг розробленого методу відноситься той факт, що вагові коефіцієнти глобального критерію оптимальності визначаються без втручання експертів, тобто об'єктивно, на основі виявлених кореляційних залежностей, що спостерігаються між досліджуваними локальними критеріями. При цьому можна стверджувати, що точність указаних ваг буде підвищуватися по мірі зростання об'єму статистичної сукупності об'єктів – допустимих рішень задачі оптимального планування виробництва на підприємстві.

Список використаної літератури

1. Стратегическое планирование / под ред. Э. А. Уткина – М.: ТАНДЕМ, Изд. ЭКМОС, 1998. – 440 с.
2. Наконечний С. І. Багатокритеріальна оптимізація [Електронний ресурс] / С. І. Наконечний. – Режим доступу: <http://fingal.com.ua/content/view/207/76/1/5/>.
3. Багатокритеріальний підхід до оцінки ефективності складних систем. Постановка задачі багатокритеріального оцінювання ефективності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rekcon.narod.ru/opt.html>.
4. Трифонов А. Г. Многокритериальная оптимизация [Электронный ресурс] / А. Г. Трифонов. – Режим доступа: http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_1/16.php.
5. Янковой А. Г. Многомерные методы оптимизации производственной программы предприятия / А. Г. Янковой, В. В. Куперман // Сучасна економіка. – 2011. – Вип. 4. – С. 13–23.
6. Янковий О. Г. Критичний аналіз методів експрес-діагностики фінансового стану промислових підприємств / О. Г. Янковий, Г. В. Юр'єва // Держава та регіони: Економіка та підприємництво. – 2005. – № 5. – С. 277–284.
7. Янковий О. Г. Теоретичні основи багатовимірного статистичного аналізу конкурентоспроможності продукції / О. Г. Янковий, О. Б. Чернишова // Торгівля і ринок України : темат. зб. наук. пр. ДонНУЕТ. – Донецьк, 2007. – Вип. 23. – С. 272–278.
8. Янковий О. Г. Оцінка конкурентоспроможності промислових підприємств у маркетинговому дослідженні / О. Г. Янковий, О. Б. Чернишова // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2008. – № 33. – С. 250–257.
9. Боровиков В. П. Популярное введение в программу STATISTICA / В. П. Боровиков. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 267 с.
10. Янковой А. Г. Многомерный анализ в системе STATISTICA / А. Г. Янковой. – Вып. 1. – Одесса: Оптимум, 2001. – 214 с.
11. Янковой А. Г. Основы эконометрического моделирования / А. Г. Янковой. – Одесса: ОГЭУ, 2006. – 133 с.

Прийнято до друку 15.09.2011