

УДК 35.078.4

О. В. Половцев, доктор наук з державного управління,
професор кафедри державного управління
та місцевого самоврядування Херсонського
національного технічного університету

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ДЕРЖАВНОМУ УПРАВЛІННІ: ФОРМУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСІВ

Запропоновано і детально розглянуто підходи щодо перевірки моделей – кандидатів на адекватність обраним процесам державного управління.

Ключові слова: державне управління; системний підхід; моделювання соціально-економічних систем; якість управління.

Offer and possible approaches of verification of accordance of models – candidates on adequacy to the chosen processes of state administration are analysed in detail.

Key words: state administration; approach of the systems; design of the socio-economic systems; management quality.

Постановка проблеми (постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями). Державне управління виділяється з інших управлінських систем, що воно має насамперед універсальний характер, обумовлений всеосяжним охопленням владних повноважень і функцій, потребами в регулюванні практично всіх видів суспільних ресурсів і сфер публічного життя. З виникненням поняття державного управління з'явилися і питання оцінювання, аналізу та підвищення ефективності системи державного управління. Це спричинило появу досліджень, спрямованих на формалізацію процесів та механізмів державного управління, розробку аналітичних моделей, передусім політичних і соціально-економічних систем. Коректна формалізація процесів державного управління – це основа для їх подальшої оптимізації, а високоякісне державне управління неможливе без прогнозування розвитку процесів державного управління.

Сучасне державне управління має ґрунтуватися на системному підході, де найважливішими виступають ефективність, результативність, швидкість прийняття рішень, оцінка якості рішень і управління. Проте у процесі виконання реальних завдань у державному управлінні загальнодержавного, регіонального та субрегіонального рівнів виникають проблеми з неповнотою інформації, неясністю щодо розвитку подій у майбутньому, неточностями, недостатньою обґрунтованістю думок осіб, що приймають рішення та невизначеностями різної природи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій (аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття). Виконання завдань державного управління на новому якісному рівні потребує застосування сучасних методів системного аналізу відповідних процесів, коректного використання методів математичного моделювання фінансово-економічних та управлінських процесів на основі досягнень макроекономічної теорії та економетричного аналізу, методів прогнозування та оптимального керування. Методи виконання завдань управління фінансово-економічними процесами на державному рівні за допомогою оптимізаційних

© О. В. Половцев, 2013

процедур розглядаються у працях [1; 2; 3]. Однак методи, подані в цих дослідженнях, не ґрунтуються на системному підході до виконання завдань управління. У більшості випадків це формальні постановки гіпотетичних завдань, які мають скоріше теоретично-навчальний, а не прикладний характер. Залишається актуальним завдання створення чіткої методики побудови моделей, яка забезпечить реалізацію системного підходу до створення моделі з урахуванням сучасних досягнень у даному напрямі.

Дослідження світового та українського досвіду свідчить, що для основних існуючих підходів до формалізації процесів державного управління, моделювання динаміки та управління соціально-економічними системами головним недоліком є відсутність процедур оцінювання якості управління. За сучасних умов це значно знижує ефективність застосування таких підходів у державному управлінні. Для виконання цих завдань необхідно створення методики побудови математичних моделей процесів довільної природи з використанням статистичних даних у вигляді часових рядів, яка забезпечить отримання адекватних моделей за умови належної інформативності даних щодо подальшого прийняття рішень для управління процесами на державному рівні та забезпечення належної якості прийнятих рішень.

Мета статті (формулювання цілей статті (постановка завдання). Створення методики моделювання і прогнозування розвитку процесів на державному рівні потребує розробки підходу, щодо перевірки моделей – кандидатів на адекватність обраним процесам державного управління. Це дасть можливість створити передумови для побудови моделей вибраних процесів високого ступеня адекватності та забезпечить можливість формування високоякісних управлінських рішень для характерних процесів у державному управлінні, якими є формування монетарної політики, формування та розподіл бюджетних ресурсів, розподіл інвестицій у різні галузі економіки, розробка та реалізація методики в галузі підготовки управлінських кадрів високої кваліфікації, формування освітнього та оборонного бюджетів тощо.

Виклад основного матеріалу (виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів). Розробка методики побудови прогнозної математичної моделі на основі статистичних даних про розвиток модельованого процесу пов'язана з вибором кращої моделі з множини можливих для прийняття рішення в державному управлінні заданої якості. При цьому кращий результат досягається завдяки використанню множини критеріїв якості моделей, кожен із яких стосується конкретної характеристики моделі процесу. Наприклад, F -критерій характеризує якість моделі в цілому.

На даному етапі аналізується якість моделі, тобто виконується перевірка оцінених кандидатів на адекватність процесу. Діагностика складається з таких кроків.

а) Візуальне дослідження графіка похибок моделі $e(k) = y(k) - \hat{y}(k)$, де $\hat{y}(k)$ – оцінка змінної, отримана за побудованою моделлю. На графіку не повинно бути значних викидів та довгих інтервалів, на яких похибка набуває великих значень (тобто довгих інтервалів суттєвої неадекватності). У разі застосування рекурсивних методів оцінювання найбільші похибки будуть у перехідному процесі, коли інформаційна матриця ще не містить достатньої інформації щодо процесу. На практиці у процесі прийняття рішень у державному управлінні це пов'язано з необхідністю накопичення достатньої та вірогідної статистичної інформації для побудови моделі, тому свідчить про важливість візуального дослідження графіка похибок моделі.

б) Похибки моделі не повинні бути корельовані між собою. Для аналізу наявності кореляції між значеннями похибок слід обчислити автокореляційну функцію (АКФ) та часткову автокореляційну функцію (ЧАКФ) для ряду $\{e(k)\}$ і за допомогою Q -статистики визначити ступінь корельованості (наприклад, Q -статистика вважається незначущою до рівня

10 %). Крім того, корельованість похибок визначають за допомогою статистики Дарбіна-Уотсона (DW), яка розраховується за формулою:

$$DW = 2 - 2\rho,$$

де $\rho = E[e(k)e(k-1)]/\sigma_e^2$ – коефіцієнт кореляції між сусідніми значеннями похибки; σ_e^2 – дисперсія послідовності похибок $\{e(k)\}$. Таким чином, за повної відсутності кореляції між похибками $DW = 2$ – це ідеальне значення. Граничними значеннями для DW є 0 (якщо $\rho = 1$) та 4 (якщо $\rho = -1$).

в) Перевірка значущості параметрів моделі. Статистика Стьюдента, або t -статистика (випадкова величина, що має t -розподіл), використовується для визначення значущості оцінки кожного коефіцієнта у статистичному значенні, визначається за виразом:

$$t = \frac{\hat{a} - a^0}{SE_{\hat{a}}},$$

де a – оцінка коефіцієнта моделі; a^0 – нуль-гіпотеза (початкова гіпотеза) щодо цієї оцінки; $SE_{\hat{a}}$ – стандартна похибка оцінки. За нуль-гіпотезу щодо значущості оцінки можна висувати будь-яку: що коефіцієнт значущий, тобто ($H_0 : a^0 \neq 0$), або незначущий ($H_0 : a^0 = 0$). Статистична теорія перевірки гіпотез пропонує висувати нуль-гіпотезу, протилежну бажаному результату. У даному випадку бажаним результатом є значущість коефіцієнтів математичної моделі. Таким чином, потрібно висувати нульову гіпотезу, що коефіцієнт незначущий. Це дає можливість коректно підійти до визначення значущості оцінок коефіцієнтів та дещо спростити розрахунки. Для того щоб установити чи значуща оцінка коефіцієнта, потрібно знати довжину вибірки даних N (потужність вибірки); кількість ступенів свободи $f = N - n$, де n – число коефіцієнтів моделі, які оцінюються на основі ряду даних, і вибрати рівень значущості $\alpha = 1\%$, або $\alpha = 5\%$, або $\alpha = 10\%$ (для цих значень існують розраховані таблиці для критичних значень t -статистики).

Користуючись значеннями N, f і α , з таблиць для t -розподілу знаходять критичне значення t -статистики, тобто $t_{\text{крит}}$. Для перевірки правильності висунутої гіпотези розраховане значення t порівнюють з критичним $t_{\text{крит}}$. Якщо $-t_{\text{крит}} < t < t_{\text{крит}}$ або $|t| < |t_{\text{крит}}|$, то нуль-гіпотеза щодо незначущості коефіцієнта приймається (його можна не враховувати в регресії). Звідси випливає: чим більше значення t -статистики для оцінки коефіцієнта, тим імовірніше, що цей коефіцієнт значущий.

Загалом послідовність дій під час перевірки значущості оцінок коефіцієнтів побудованої моделі можна визначити так:

- сформулювати нуль-гіпотезу щодо значущості коефіцієнта;
- обчислити значення t -статистики для кожного коефіцієнта регресії (це робить кожний пакет для математичного моделювання);
- за допомогою значень N, f і α знайти з таблиць для t -статистики її критичне значення;
- перевірити нуль-гіпотезу за наведеним вище простим правилом (аналіз виконання нерівності $t_{\text{крит}} < t < t_{\text{крит}}$).

г) Коефіцієнт множинної детермінації R^2 , який обчислюється так:

$$R^2 = \frac{\text{var}(\hat{y})}{\text{var}(y)} = 1 - \frac{SSE}{SST},$$

де $\text{var}(\hat{y})$ – дисперсія залежної змінної, оціненої за допомогою побудованої моделі;

$var(y)$ – дисперсія вимірів залежної змінної; $SSE = \sum_{k=1}^N [y(k) - \hat{f}(k)]^2$ – сума квадратів похибок (залишків) моделі (*sum of squared errors*); $SST = \sum_{k=1}^N [y(k) - \bar{y}]^2$ – загальна сума квадратів (*total sum of squares*); \bar{y} – середнє значення; $SST = SSE + SSR$, де $SSR = \sum_{k=1}^N [\hat{f}(k) - \bar{y}]^2$ – загальна сума квадратів для регресії (*sum of squares for regression*).

Очевидно, що найкращим значенням є $R^2 = 1$, тобто коли дисперсії вимірів змінної та цієї ж змінної, оціненої за рівнянням, збігаються. Цей параметр можна трактувати також як ступінь інформативності моделі, якщо обрати за ступінь інформативності дисперсію. Таким чином, R^2 показує рівень інформативності моделі порівняно з інформативністю вибірки даних, за допомогою якої вона була оцінена.

д) Сума квадратів похибок для вибраної моделі має бути мінімальною, тобто

$$\sum_{k=1}^N e^2(k) = \sum_{k=1}^N [\hat{f}(k) - y(k)]^2 \rightarrow \min_{\hat{f}}$$

у порівнянні з усіма іншими моделями.

е) Для оцінки адекватності моделі також використовують інформаційний критерій Акайке

$$AIC = N \ln \left(\sum_{k=1}^N e^2(k) \right) + 2n$$

та критерій Байєса–Шварца

$$BSC = N \ln \left(\sum_{k=1}^N e^2(k) \right) + n \ln(N),$$

де $n = p + q + 1$ – кількість параметрів моделі, які оцінюються за допомогою статистичних даних (p – кількість параметрів авторегресійної частини моделі; q – кількість параметрів ковзного середнього; 1 з'являється тоді, коли оцінюється зміщення (або перетин, тобто a_0)).

Критерії Акайке і Байєса–Шварца містять у правій частині суму квадратів похибок, тому за цими критеріями обирають ту модель, для якої критерії набувають найменших значень [4; 5]. Уведення нового регресора зумовлює збільшення критерію (при цьому збільшується n), але разом із тим зменшується сума квадратів похибок і критерій у цілому зменшується. Якщо регресор не покращує модель, то критерій збільшується. Слід також зазначити, що асимптотичні властивості для довгих вибірок кращі у критерію Байєса–Шварца, тобто його рекомендують застосовувати за відносно великих значень N ($N > 100$)).

е) Окрім згаданих параметрів, для визначення адекватності моделі в цілому використовують F -статистику Фішера, яка пропорціональна відношенню:

$$F \sim \frac{R^2}{1 - R^2},$$

а для множинної (багатофакторної) регресії вона визначається за виразом

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \times \frac{(N-p-1)}{p},$$

де, як і раніше, N – кількість значень ряду; p – кількість параметрів моделі без урахування перетину (константи).

Таким чином, якщо $R^2 \rightarrow 1$, то $F \rightarrow \infty$. Порядок застосування F -статистики такий же, як і t -статистики. Нуль-гіпотезою в даному випадку слугує припущення про те, що модель неадекватна в цілому, тобто

$$H_0 : a_1 = a_2 = \dots = a_p = 0$$

проти альтернативної гіпотези

H_1 : хоча б одне значення a_i відрізняється від нуля у статистичному значенні.

Значення $F_{крит.}$ знаходять із таблиць для F -розподілу. Послідовність застосування цієї статистики можна подати в такому вигляді.

1. Сформулювати нуль-гіпотезу щодо адекватності моделі в цілому.

Наприклад, H_0 : модель неадекватна в цілому (або $H_0 : a_1 = a_2 = \dots = a_p = 0$).

2. Розрахувати значення F для оціненої моделі (як правило, воно розраховується всіма пакетами статистичної обробки даних).

3. Задати рівень значущості $\alpha = 1\%$, або $\alpha = 5\%$, або $\alpha = 10\%$.

4. Користуючись значеннями N , f і α , знайти критичне значення $F_{крит.}$ Знаходять із таблиць для F -розподілу за $(p, N-p-1)$ степенів свободи.

5. Перевірити нуль-гіпотезу:

якщо $F > F_{крит.}$, то нуль-гіпотеза щодо неадекватності моделі в цілому відкидається на вибраному рівні значущості.

Коректне застосування розглянутого підходу дає можливість побудови адекватної математичної моделі процесу, якщо експериментальні дані відповідають вимогам представництва та інформативності. Перша вимога означає, що вибірка даних має охоплювати достатньо довгий проміжок часу, щоб повністю відображати поведінку того режиму функціонування процесу, для якого будується модель. Вимога інформативності означає, що вибірка повинна мати в собі обсяг інформації, достатній для оцінювання коефіцієнтів моделі. Наприклад, якщо моделюється процес другого порядку, то вибірка має забезпечувати коректне обчислення першої та другої похідної. Іноді інформативність формально оцінюють за допомогою величини дисперсії процесу, а також за кількістю гармонічних складових, які містяться у процесі. Чим більше гармонік містить вибірка, тим вища інформативність.

Умову інформативності даних також пов'язують з умовою достатнього збудження процесу. Достатнє збудження означає, що вхідний (керівний) вплив має охоплювати всю робочу смугу частот, які може пропускати на вихід процес. Тобто вхідний вплив мусить охоплювати всю амплітудно-частотну характеристику процесу. Ця вимога залишається правдивою для процесів будь-якої природи.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Запропоновано підходи щодо перевірки моделей – кандидатів на адекватність обраним процесам державного управління. Це дасть можливість створити передумови для побудови моделей вибраних процесів високого ступеня адекватності, забезпечить можливість формування високоякісних управлінських рішень та генерування альтернатив для характерних процесів у державному управлінні. Побудовані моделі служать основою для формування рішень стосовно вибраних управлінських завдань.

Доведено, що запропоновані підходи до розробки методики моделювання свідчать про її придатність для використання як основи для постановки й виконання завдань оптимального керування обраними процесами й дають можливість використовувати в системі підтримки прийняття рішень під час управління процесами на державному рівні.

Подальше дослідження буде спрямовано на використання створеної методики моделювання як основи для постановки й виконання завдань оптимального керування обраними процесами, а також для застосування в системі підтримки прийняття рішень під час управління процесами на державному рівні.

Список використаних джерел:

1. Арсеньев Ю. Н. Принятие решений: интегрированные интеллектуальные системы / Арсеньев Ю. Н., Шелобаев С. И., Давыдова Т. Ю. – М. : Юнити, 2003. – 270 с.
2. Интриллигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория / Интриллигатор М. – М. : Айрис-пресс, 2003. – 576 с.
3. Черноуцкий И. Г. Методы оптимизации и принятия решений / Черноуцкий И. Г. – СПб. : Лань, 2001. – 384 с.
4. Бідюк П. І. Часові ряди: моделювання і прогнозування / Бідюк П. І., Савенков О. І., Баклан І. В. – К. : ЕКМО, 2003. – 141 с.
5. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М. : Финансы и статистика, 1986. – Т. 2. – 366 с.