

	Параметри вихідної вибірки	Параметри псевдовибірки
Мат. ожидание	2,02466	2,52126
Дисперсия	1,080921	1,541025
Ср. квадратическое отклонение	1,039674	1,24138

Рис.1.3. Параметри вихідної вибірки та псевдовибірки, побудованої згладженим бутстрапом.

#### Висновки.

В роботі досліджувались актуальні методи прогнозування. З'ясувалося в яких випадках доцільно застосовувати ресамплінг, а в яких - інші звичайні статистичні методи.

Підкреслено фундаментальну відмінність між рандомізацією і бутстрапом: якщо рандомізаційний тест застосовується, щоб оцінити ступінь впорядкованості структури даних або взаємозв'язки між окремими її фрагментами, то бутстрап, або «складаний ніж», використовується для отримання найбільш коректної оцінки параметрів розподілу випадкової величини (середнього, медіани, дисперсії і т. д.).

Розглянуто бутстрап-метод та його варіації. За допомогою програмної реалізації зроблено висновки, що псевдовибірка, побудована за допомогою алгоритму марковського бутстрапу, дає краще наближення, ніж згладжений бутстрап.

Використання методів чисельного ресамплінгу є досить актуальним у розрізі застосування до великої кількості прикладних задач.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Хайтун С.Д. Негауссовость социальных явлений // Социологические исследования. 1983. № 1. С. 144-152.
2. Efron B., Tibshirani R.J. An introduction to the bootstrap. N. Y.: Chapman & Hall, 1993. 436 p.
3. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник. СПб: Питер, 2001. 7
4. Fox J. An R and S-Plus Companion to Applied Regression. London: Sage Publications Inc., 2002. 328 p.
5. Tukey J.W. Bias and confidence in not quite large samples // Ann. Math. Statist. 1958. V. 29. P. 614.
6. Мостеллер Ф., Тьюки Дж. Анализ данных и регрессия. М: Финансы и статистика, 1982. Вып. 1. 320с.
7. Manly B.F.J. Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology. London: Chapman & Hall, 2007. 445 p.
8. Efron B. Computers and the theory of statistics: thinking the unthinkable // SIAM Review. 1979a. V. 21, № 4. P. 460-480.
9. Анатольев С. Основы бутстрапирования // Квантиль. 2007. №3. С. 1-12.
10. Efron B. Bootstrap methods. Another look at the Jackknife // Ann. Statist. 1979. №7. P. 1-26.

пост. 24.02.2016

## Використання методу експертних оцінок Дельфі у задачах прийняття рішень

Н.О. КУПІЧ

Дніпродзержинський державний технічний університет

Розглянуто один з методів експертних оцінок, який дозволяє на основі отриманих чи існуючих даних прогнозувати поведінку досліджуваної області на досить великі проміжки часу. Приведено приклад використання даного методу для вирішення прикладної задачі.

Рассмотрен один из методов экспертных оценок, который позволяет на основе полученных или уже существующих данных прогнозировать поведение изучаемой области на достаточно большие промежутки времени. Приведен пример использования данного метода для решения прикладной задачи.

Considered one of the methods of peer review, which allows on the basis of the existing data or predict the behavior of the study area for quite long periods of time. Also given an example of using this method to solve a practical problem.

**Вступ.** Метод Дельфі є найбільш формальним з усіх методів експертного прогнозування і частіше за інші використовується в технологічному прогнозуванні, дані якого використовуються потім у плануванні виробництва та збуту продукції. Це груповий метод, при якому проводиться індивідуальне опитування групи експертів щодо їх припущень про майбутні події в різних областях, де очікуються нові відкриття або вдосконалення. Таким чином, є можливість прогнозування розвитку тієї чи іншої сфери від 5 до 10 років.

В багатьох країнах виділяють такі теми для прогнозування :

- матеріали та їх обробка;

- інформатика;
- електроніка;
- охорона здоров'я та соціальне забезпечення,
- вивчення і використання космічного простору,
- енергетика та природні ресурси,
- екологія, сільське господарство,
- промислове виробництво,
- урбанізація і будівництво,
- зв'язок,
- транспорт [1].

Даний підхід полягає в опитуванні, яке проводиться в два або більше кіл. Опитування проводиться за допомогою спеціальних анкет анонімно, тобто особисті

контакти експертів і колективні обговорення виключаються. Отримані відповіді оброблюються спеціальними працівниками, й узагальнені результати знову направляються членам групи. На основі такої інформації експерти, як і раніше зберігаючи анонімність, роблять подальші припущення про майбутнє, причому цей процес може повторюватися декілька разів. Після того як починає з'являтися збіг думок, результати використовуються як прогноз.

Процедуру експертного опитування за методом Дельфі можна виділити в декілька етапів.

*Етап 1.* Формування робочої групи. Завдання робочої групи полягає в організації процедури експертного опитування: розрахунок бюджету, масштаб дослідження та ресурси, розробка анкет, набір експертів,

*Етап 2.* Формування експертної групи. Учасників слід ретельно вибирати відповідно до теми, що розглядається. Рекомендується запрошувати змішані групи експертів — представників промисловості академічних кіл, дослідницьких інститутів тощо. Також група повинна бути змішаною та включати в себе представників різної статі та різних вікових груп. Кількість учасників залежить від кількості тем, областей, очікуваної відповіді або рівня участі та інших питань. Якщо проводиться невелике опитування з використанням комп'ютерів, то число учасників може бути невеликим (10-15). Якщо необхідно провести опитування на національному рівні, то потрібна велика кількість учасників, і часто необхідно отримати до ста відповідей по одній темі.

*Етап 3.* Формулювання питань. Перша анкета може бути повністю безструктурною і допускати будь-які відповіді. Експерти в письмовій формі висловлюють свої думки та ідеї по темі опитування. Після того як прогнози групи повернулися до організаторів, робоча група їх об'єднує, ідентифікує і складає перелік, який стає основою другої анкети [2]-[4].

*Етап 4.* Проведення експертизи. Експертам направляють зведений перелік подій і просять оцінити дані та обґрунтувати своє рішення. Після того як прогнози та оцінки, зроблені членами групи, повернулися до організаторів, аналітична група проводить статистичну обробку отриманих даних: уточнюють перелік подій та аналізують характеристики ряду, тобто розраховують медіани та квартилі.

За медіану вважають те значення прогнозованої ознаки, яке приймає центральний член ряду, упорядкованого за зростанням або спаданням. При непарній кількості експертів медіаною виступає середній член ряду, при парній кількості — медіана дорівнює середньому значенню оцінок двох центральних експертів. Квартилем називається значення прогнозованої ознаки, яким володіють члени ряду під номером, що представляє 1/4 всього ряду (нижній квартиль) і 3/4 від всього ряду (верхній квартиль). Сама область довіри дорівнюватиме проміжку від мінімальної оцінки плюс квартиль до максимальної оцінки мінус квартиль.

Кожному експерту повідомляються значення характеристик. Експертів, чії оцінки вийшли за межі області довіри просять обґрунтувати причини розбіжності з груповою думкою. Експерти можуть приводити будь-які аргументи або заперечення, такі ж, які вони наводять під час дискусії. Різниця полягає лише в тому, що ці аргументи анонімні. Думки можуть бути переглянуті, а оцінки — змінені. З отриманими обґрунтуваннями зна-

йомлять інших експертів, не вказуючи при цьому, чії вони. Така процедура дозволяє всім експертам взяти до уваги обставини, які вони могли випадково пропустити, або якими знехтували під час попередніх анкетувань.

*Етап 5.* Підведення підсумків опитування. Після того як переглянуті оцінки і нові аргументи повернулися до організатора, він знову повинен підсумувати оцінки групи, розрахувавши нові медіани і нові квартилі, підсумувати аргументи, подані з обох сторін, і підготувати на цій основі нові питання. Експертиза повторюється до ти пір, поки всі оцінки не будуть знаходитись в області довіри [5]-[8].

Приведемо результати застосування методу Дельфі до розв'язання наступної прикладної задачі.

**Постановка прикладної задачі.** Оцінити якість обслуговування в кав'ярні. Для цього запрошено 10 експертів. Кожному експерту видана анкета для оцінювання рівня обслуговування та самооцінки. Експерт повинен поставити собі індивідуальну самооцінку в балах (від 0 до 10). Рівень обслуговування оцінюється у відсотках (від 0 до 100). Робота проводиться індивідуально та анонімно. Критерій оцінки : довжина інтервалу не більше 20 %.

Після проведення першого туру опитування отримали наступні результати:

Таблиця 1. Початкові дані

№ експерта	коефіцієнт самооцінки	рівень обслуговування (оцінка експерта)
1	9	85
2	5,8	70
3	7	67
4	8,5	95
5	7,4	90
6	10	78
7	8	55
8	10	60
9	6,1	98
10	5	80

Нехай коефіцієнт самооцінки це  $x_i$ , а оцінка експерта - це  $y_i$ . Кількість експертів  $n$ . Тоді на основі отриманих даних виконаємо такі розрахунки.

Середньогрупова самооцінка – відношення суми коефіцієнтів самооцінки до кількості експертів:

$$Scp.sp. = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 7.68(1).$$

Середнє значення оцінки послуг – відношення суми оцінок послуг експертами до кількості експертів:

$$Scp.ou. = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = 77.8(2).$$

Середньозважена оцінка обслуговування — відношення суми добуток коефіцієнтів самооцінки на рівень обслуговування до суми коефіцієнтів самооцінки:

$$Scp.взв. = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i} = 93.75(3).$$

Медіана розраховується як середньоарифметичне між серединними, впорядкованими за зростанням чи спаданням оцінками.  $Me = 79$ .

Розраховуємо область довіри. Для цього знайдемо значення квартиля:

$$Квартиль = \frac{\max(y_i) - \min(y_i)}{4} = 10,75(4).$$

Отже, нижня межа області довіри:  $55 + 10,75 = 65,75\%$ , верхня межа області довіри:  $98 - 10,75 = 87,25\%$ .

Відповідно інтервал довіри знаходиться у проміжку від  $65,75\%$  до  $87,25\%$ , тобто дорівнює  $21,5$  і не відповідає поставленому критерію. Тому слід провести другий тур, тобто повторно відправити експертам анкети для переголосування. При зміні думки уточнити причину, додавши коментар.

Після проведення другого туру опитування отримали наступні результати:

Таблиця 2. Дані після другого туру опитування

№ експерта	коефіцієнт самооцінки	рівень обслуговування (оцінка експерта)
1	9	85
2	5,8	60 (70)
3	7	67
4	8,5	95
5	7,4	90
6	10	78
7	8	60 (55)
8	10	75 (60)
9	6,1	98
10	5	80

Результати нових розрахунків:

$$Scp.гр = 7.68; \quad Scp.оц = 77.8; \quad Scp.взв. = 93.75;$$

$$Me = 79; \quad Квартиль = 9.5.$$

Отже, нижня межа області довіри:  $60 + 9,5 = 69,5\%$ , верхня межа області довіри:  $98 - 9,5 = 88,5\%$ . Відповідно інтервал довіри знаходиться у проміжку від  $69,5\%$  до  $88,5\%$ , тобто дорівнює  $19$ , що відповідає заданому критерію. Таким чином, поставлену задачу вирішено.

На основі досліджуваного методу розроблено програмний продукт, який дозволяє проводити аналогі-

чні експертні оцінки задач, які у своїй постановці відповідають умовам розглянутої вище.

**Висновки.** Розглянутий метод експертних оцінок Дельфі має безсумнівні переваги в порівнянні з методами, заснованими на звичайній статистичній обробці результатів індивідуальних опитувань. Він дозволяє зменшити коливання по всій сукупності відповідей, обмежує коливання всередині груп.

Нааявність малокваліфікованих експертів дає менший вплив на групову оцінку, ніж при простому усередненні результатів, оскільки за рахунок отримання нової інформації вони мають можливість корегувати свої відповіді.

Проте метод має і ряд недоліків. Серед них, наприклад, малі об'єми часу виділені експерту для оцінки проблеми. В такому випадку експерт може просто погодитися з думкою більшості, щоб уникнути додаткових труднощів при поясненні свого вибору іншим учасникам. Аналогічна ситуація може виникнути, коли думка експерта дуже відрізняється від думки інших.

Незважаючи на можливі труднощі, за останній час коло процесів, прогнозованих за допомогою метода Дельфі значно розширилося. Так само збільшилась і кількість країн, які звертаються до цього методу прогнозування.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Cuhls, Kerstin; Blind, Knut und Grupp, Hariolf (2002): Innovations for our Future. Delphi '98: New Foresight on Science and Technology. Technology, Innovation and Policy, Series of the Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI no. 13. Physica Heidelberg, pp.15ff.
2. Woudenberg, F. (1991): An Evaluation of Delphi, in: Technological Forecasting and Social Change, vol. 40, pp. 131 – 150.
3. Kaplan, A., Skogstad, A. L. and Girshick, M. A. (1950): The Prediction of Social and Technological Events, in: The Public Opinion Quarterly, XIV, pp. 93-110.
4. Gordon, T. J. und Helmer, Olaf (1964): Report on a Long-Range Forecasting Study, Rand Corporation, Santa Monica/ California.
5. Авдулов П.В. Економіко математичні методи і моделі для керівника / Авдулов П.В., Гойzman Е.І., Курузов В.А. – М.: Економіка, 1998.
6. Агафонов В.А.: Аналіз стратегій і розробка комплексних програм. / Агафонов В.А. – М.: Наука, 1997.
7. За ред. Попова І.Г.: Математичні методи в плануванні галузей і підприємств. / За ред. Попова І.Г. – М.: Економіка, 1997.
8. Владимірова Л.П.: Прогнозування та планування в умовах ринку, Навчальний посібник (друге видання)./ Владимірова Л.П.– М.: 2001.