

Результати застосування методу групового врахування аргументів (МГВА) для синтезу моделей економічних показників діяльності підприємства

Моделювання складних економічних систем переважно базується на дедуктивному логіко-пізнавальному та індуктивному методу перебору. При цьому перші мають переваги у випадку доволі простих задач моделювання, коли відома теорія модельованого об'єкту, а тому особливої уваги заслуговує синтез моделі на фізично-заснованих принципах, що ґрунтуються на знанні людини про процеси, які відбуваються в реальному об'єкті.

The design of the difficult economic systems mainly is based on deductive to the method of surplus logic-cognitive and inductive. Thus the first are let in on the ground in the case of enough simple tasks of design, when the known theory of the designed object, and that the special attention is deserved by the synthesis of model on the physical-founded principles, that based on knowledge of man about processes which take place in the real object.

Ключові слова: моделювання, дедуктивні логіко-математичні методи, індуктивні методи перебору, метод групового врахування аргументів (МГВА), економічні показники підприємства, чистий дохід, чистий прибуток (збиток).

Вступ. Прийняття рішень при аналізі динаміки економічних показників суб'єктів господарювання, їхнього фінансового стану, перевірці надійності фірм, аналізі балансу тощо, вимагає засобів, придатних для отримання точних моделей на основі прогнозів процесів, які характеризуються великим числом впливових чинників (змінних), недостатньою кількістю спостережень і невідомими динамічними зв'язками між змінними. Такі економічні об'єкти є складними, слабо-обумовленими системами, що характеризуються:

- недостатньою апіорною інформацією;
- значною кількістю параметрів, що не вимірюються;
- зашумленими або короткими вибірками даних;

– наявністю нечітко обумовлених об'єктів з „розмитими” характеристиками.

Постановка завдання. Дослідження зазначених проблем ґрунтується не тільки на дедуктивних логіко-математичних методах, оскільки останні не спроможні забезпечити достатню точність [1], а й на основі індуктивних методів перебору, зокрема — методі групового врахування аргументів (МГВА), котрий знаходить знання про об'єкт безпосередньо з вибірки даних. Цей метод має переваги для дослідження досить складних об'єктів з „розмитими” характеристиками. Алгоритми МГВА знаходять єдину оптимальну для кожної вибірки модель за допомогою повного перебору всіх можливих моделей-кандидатів та операції їх оцінки за зовнішнім точностним чи балансним критерієм [2,3] на незалежній підвибірці даних.

Результати. Для реалізації більшої частини алгоритмів МГВА – у тому числі й комбінаторного алгоритму — вхідна вибірка даних представлена у вигляді таблиці, що містить N рівнів (точок) спостережень множини з M змінних. Ця вибірка поділяється на дві частини: приблизно дві треті точок відносять до навчальної підвибірки N_A , а з решти точок формують перевіірочну підвибірку N_B . Навчальна вибірка використовується для одержання оцінок коефіцієнтів полінома, а перевіірочна підвибірка використовується для вибору структури оптимальної моделі, для якої зовнішній критерій регулярності $AR(s)$ приймає найменші значення:

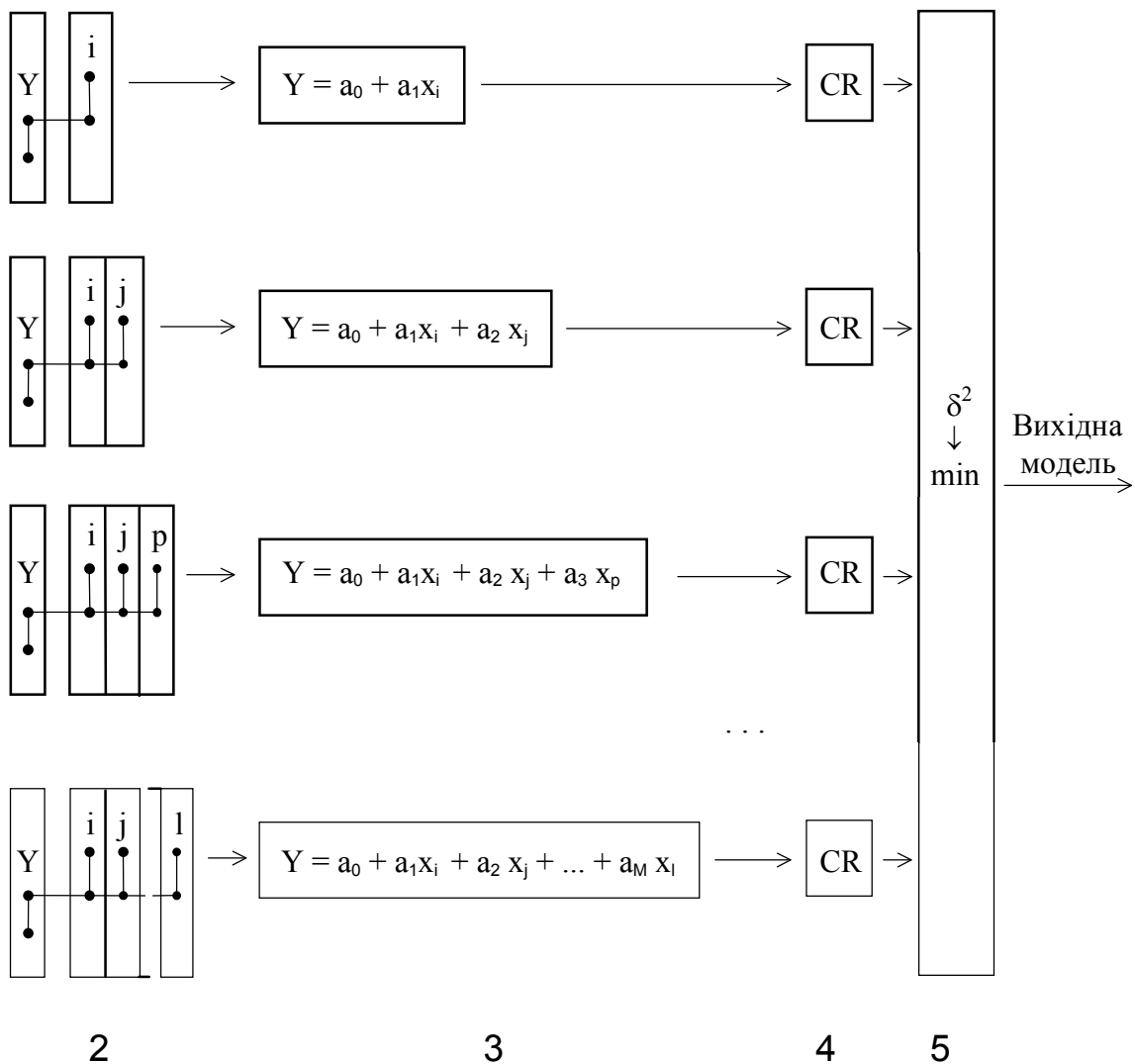
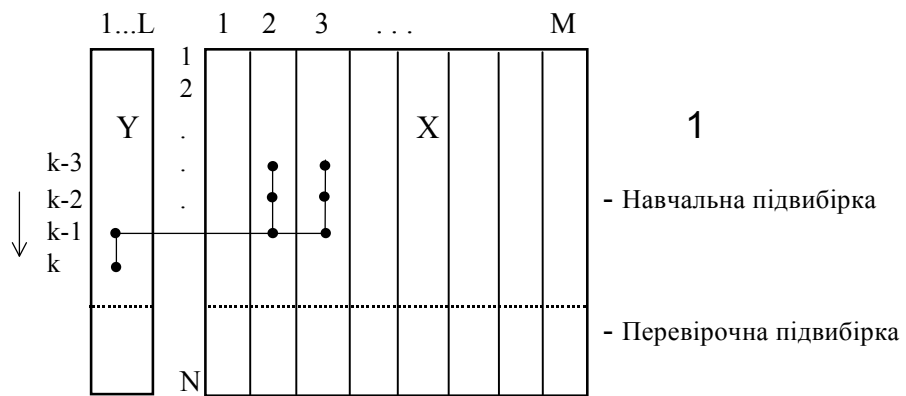
$$AR(s) = \frac{1}{N_B} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i(B))^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

Для ефективного застосування критерію перехресного контролю (cross-validation) $PRR(s)$, який бере до уваги всю інформацію з вибірки даних та може бути підрахований без перерахування матриці для кожної перевіірочної точки [1]:

$$PRR(s) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i - y_i(B)]^2 \rightarrow \min, \quad N_A = N - 1; \quad N_B = 1.$$

Загальну схему алгоритму комбінаторного методу представлено на рис.1 [1].

Застосовуючи зазначений комбінаторний алгоритм МГВА було синтезовано моделі економічних показників для реального ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.”.



- 1 – вибірка даних;
 2 – ряди ускладнення часткових описів;
 3 – форми часткових описів;
 4 – вибір оптимальних моделей;
 5 – додаткове визначення моделі за дискримінаційним критерієм.

Рис. 1. Комбінаторний алгоритм МГВА

Таблицю вихідних даних для синтезу моделей отримано в результаті виділення найбільш ефективних даних з фінансових звітів згаданого товариства за 2001-2007 роки (табл.1).

Таблиця 1

Основні показники діяльності ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.” за 2001–2007 рр.

Показник, тис.грн	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.
Основні засоби: залишкова вартість	6,4	350,4	330,6	310,2	800,7	747,7	695,4
первісна вартість	7,9	364,9	367,8	367,8	887,1	891,3	892,4
знос	-1,5	-14,5	-37,2	-57,6	-86,4	-143,6	-197
Виробничі запаси	40,9	83,1	81,1	48,3	59,6	32,8	41,8
Дебіторська заборгованість за розрахунки з бюджетом	6,6	1,2	5,1	1,2	6,4	1,8	2,1
Грошові кошти та їх еквіваленти в національній валюті	3,9	5,4	1	2	11,9	13,4	35,6
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	-101	-98,1	-118,8	-111,3	-109,5	-36,2	115,4
Кредиторська заборгованість за товари, роботи, послуги	44,1	74,2	92,2	85,8	169	18,6	11,6
Поточні зобов'язання за розрахунками: з бюджетом	3,8	6,8	6,9	2	13,6	9,4	7,9
Поточні зобов'язання за розрахунками: зі страхування	0,6	0,3	0	0	5	0,3	0
Поточні зобов'язання за розрахунками: з оплати праці	1,8	7,9	8,9	16,6	39,2	19,1	9
Інші поточні зобов'язання	106,9	278,9	281,6	520	285,9	263,7	219
Витрати на оплату праці	-16,9	-64,4	-98	-114,6	-135,6	-113,3	-109,7
Відрахування на соціальні заходи	-0,5	-0,8	-3,5	-11,8	-45,3	-40,5	-37
Амортизація	-1,5	-14,5	-31,7	-57,6	-28,9	-57,2	-53,4
Інші операційні витрати	-39,4	-50	60	-54,2	-18,1	-15,7	-165,7
Чистий прибуток (збиток)	-18,1	2,9	-13,4	7,5	1,8	73,3	151,6
Дохід (виручка) від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	656	834	999,2	1207,8	1526,5	864	858,1
Чистий дохід (виручка) від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	546,7	695	832,7	1006,5	1272,1	748,7	858,1

Моделюванню підлягали останні три з наведених у таблиці показників, а саме:

- чистий прибуток (збиток);
- дохід (виручка) від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг);
- чистий дохід (виручка) від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг).

Для економічного показника „чистий дохід” отримано ряд моделей виду:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}),$$

де x_1 - залишкова вартість основних засобів;

x_2 - первісна вартість основних засобів;
 x_3 - знос основних засобів;
 x_4 - виробничі запаси;
 x_5 - дебіторська заборгованість за розрахунки з бюджетом;
 x_6 - грошові кошти та їх еквіваленти в національній валюті;
 x_7 - нерозподілений прибуток (непокритий збиток);
 x_8 - кредиторська заборгованість за товари, роботи, послуги;
 x_9 - поточні зобов'язання за розрахунками (з бюджетом);
 x_{10} - поточні зобов'язання за розрахунками (зі страхування);
 x_{11} - поточні зобов'язання за розрахунками (з оплати праці);
 x_{12} - інші поточні зобов'язання;
 x_{13} - витрати на оплату праці;
 x_{14} - відрахування на соціальні заходи;
 x_{15} - амортизація;
 x_{16} - інші операційні витрати;
 Y - чистий дохід (виручка) від реалізації продукції (робіт, послуг).

Серед синтезованих моделей найкращою виявилася та, що забезпечує значення середньоквадратичного відхилення $СКВ=0,029247$ і абсолютної похибки $R=0,035095$ (0,020681%). Вигляд цієї моделі є таким:

$$Y = 0,0052088 + 1,0026 \cdot y_{4(1)} - 0,000019879 \cdot y_{4(1)} \cdot y_{4(4)},$$

де

$$\begin{aligned}
 y_{4(1)} &= 1,3131 + 0,96371 \cdot y_{3(1)} - 0,020292 \cdot x_4 + 0,00080104 \cdot y_{3(1)} \cdot x_4; \\
 y_{4(4)} &= -1,3856 + 0,96105 \cdot y_{3(4)} - 0,044045 \cdot x_{15} - 0,00056344 \cdot y_{3(4)} \cdot x_{15}; \\
 y_{3(1)} &= -5,6275 + 0,74570 \cdot y_{2(1)} - 0,11630 \cdot x_3 - 0,00072863 \cdot y_{2(1)} \cdot x_3; \\
 y_{3(4)} &= -0,0015267 + 0,0022371 \cdot y_{2(4)} + 0,99781 \cdot y_{2(3)}; \\
 y_{2(1)} &= -0,11605 + 0,025810 \cdot y_{1(1)} + 0,97814 \cdot y_{1(12)}; \\
 y_{2(3)} &= -0,14706 + 0,40576 \cdot y_{1(3)} + 0,70174 \cdot y_{1(12)} - 0,00074213 \cdot y_{1(3)} \cdot y_{1(12)}; \\
 y_{2(4)} &= -0,11092 + 0,12098 \cdot y_{1(4)} + 0,88279 \cdot y_{1(7)}; \\
 y_{1(1)} &= 19,129 + 0,14539 \cdot x_1 - 0,80639 \cdot x_8; \\
 y_{1(3)} &= 35,075 - 0,32975 \cdot x_3 + 0,47282 \cdot x_7; \\
 y_{1(4)} &= 85,996 - 0,20615 \cdot x_4 + 0,68872 \cdot x_7; \\
 y_{1(7)} &= 48,948 + 0,68531 \cdot x_7 - 0,27258 \cdot x_{13}; \\
 y_{1(12)} &= -128,18 + 0,90324 \cdot x_{12} - 0,95221 \cdot x_7 + 0,0075924 \cdot x_7 \cdot x_{12}.
 \end{aligned}$$

Графічна інтерпретація результатів моделювання представлена на рис. 2.



Рис. 2. Графічна інтерпретація результатів моделювання величини чистого доходу (виручки) від реалізації продукції (робіт, послуг) ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.”

Значення відносної похибки моделювання чистого доходу (виручки) від реалізації продукції (робіт, послуг) ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.” подана у наступній таблиці (табл. 2).

Таблиця 2

Значення відносної похибки моделювання величини чистого доходу (виручки) від реалізації продукції ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.”

	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.
Y _{model} , тис.грн	-18,066	2,87106	-13,375	7,46869	1,78249	73,3356	151,591
Y _{aprior} , тис.грн	-18,1	2,9	-13,4	7,5	1,8	73,3	151,6
Похибка моделювання, %	0,1864	0,9977	0,1853	0,4174	0,9725	-0,0485	0,0058

Синтезовані для економічного показника „дохід (виручка) від реалізації продукції” моделі виявилися простішими. Зокрема, найкращою виявилася модель, яка забезпечує значення СКВ результатів моделювання від апріорних даних на рівні 4,9242 і абсолютної похибки моделювання $R=7,8994$ (0,90745%). Вигляд цієї моделі є таким:

$$Y = -2,9106 + 0,99788 \cdot y_{3(10)} + 1,4374 \cdot x_5,$$

де $y_{3(10)} = 7,1231 + 0,97491 \cdot y_{2(10)} - 0,40486 \cdot x_3 - 0,000063675 \cdot y_{2(10)} \cdot x_3 - 0,00178 \cdot (x_3)^2$;

$$y_{2(10)} = 24,128 + 0,98955 \cdot y_{1(10)} + 0,34026 \cdot x_{16};$$

$$y_{1(10)} = 655,28 - 173,170 \cdot x_{10} + 1,0779 \cdot x_{12} - 0,69315 \cdot x_{10} \cdot x_{12} + 96,789 \cdot (x_{10})^2.$$

Графічна інтерпретація результатів моделювання подана на рис. 3.



Рис. 3. Графічна інтерпретація результатів моделювання величини доходу (виручки) ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.”

Значення відносної похибки моделювання величини доходу (виручки) ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.” подана у наступній таблиці (табл. 3).

Таблиця 3

Значення відносної похибки моделювання величини доходу (виручки) ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.”

	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.
Y_{model} , тис.грн	657,25	841,886	992,812	1203,67	1530,41	864,258	855,203
Y_{aprior} , тис.грн	656	834	999,2	1207,8	1526,5	864	858,1
Похибка моделювання, %	-0,1905	-0,9456	0,639353	0,342252	-0,2563	-0,0299	0,337602

Нарешті, серед синтезованих для економічного показника „чистий прибуток (збиток)” моделей найкращою стала модель, яка забезпечує значення середньоквадратичного відхилення СКВ=0,97656 та абсолютної похибки $R=1,6345$ (0,225%):

$$Y = 21,044 + 0,96035 \cdot y_{4(7)} + 0,86852 \cdot x_{11},$$

де $y_{4(7)} = 6,8741 + 1,0052 \cdot y_{3(7)} - 3,2431 \cdot x_5;$

$$\begin{aligned}
y_{3(7)} &= -4,6179 + 0,80804 \cdot y_{2(7)} + 0,19738 \cdot y_{2(2)} ; \\
y_{2(2)} &= -7,8865 + 0,043755 \cdot y_{1(2)} + 0,97140 \cdot y_{1(5)} - 0,0000065374 \cdot y_{1(2)} \cdot y_{1(5)} ; \\
y_{2(7)} &= 35,946 - 0,087820 \cdot y_{1(7)} + 1,0456 \cdot y_{1(14)} ; \\
y_{1(2)} &= 173,11 + 0,33518x_2 - 0,118 \cdot x_7 - 0,0021845x_2x_7 + 0,00019836 \cdot (x_2)^2 + 0,034997 \cdot (x_7)^2 ; \\
y_{1(5)} &= 1091,4 - 115,7 \cdot x_5 - 855,94 \cdot x_{10} + 35,566 \cdot x_5 \cdot x_{10} + 12,475 \cdot (x_5)^2 + 142,07 \cdot (x_{10})^2 ; \\
y_{1(7)} &= 279,73 - 3,4799 \cdot x_7 - 4,4676 \cdot x_3 ; \\
y_{1(14)} &= 745,5 - 31,622 \cdot x_{14} - 343,31 \cdot x_{10} - 10,693 \cdot x_{14} \cdot x_{10} - 0,78561 \cdot (x_{14})^2 .
\end{aligned}$$

Графічна інтерпретація результатів моделювання величини чистого прибутку (збитку) ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.” представлена на рис. 4.

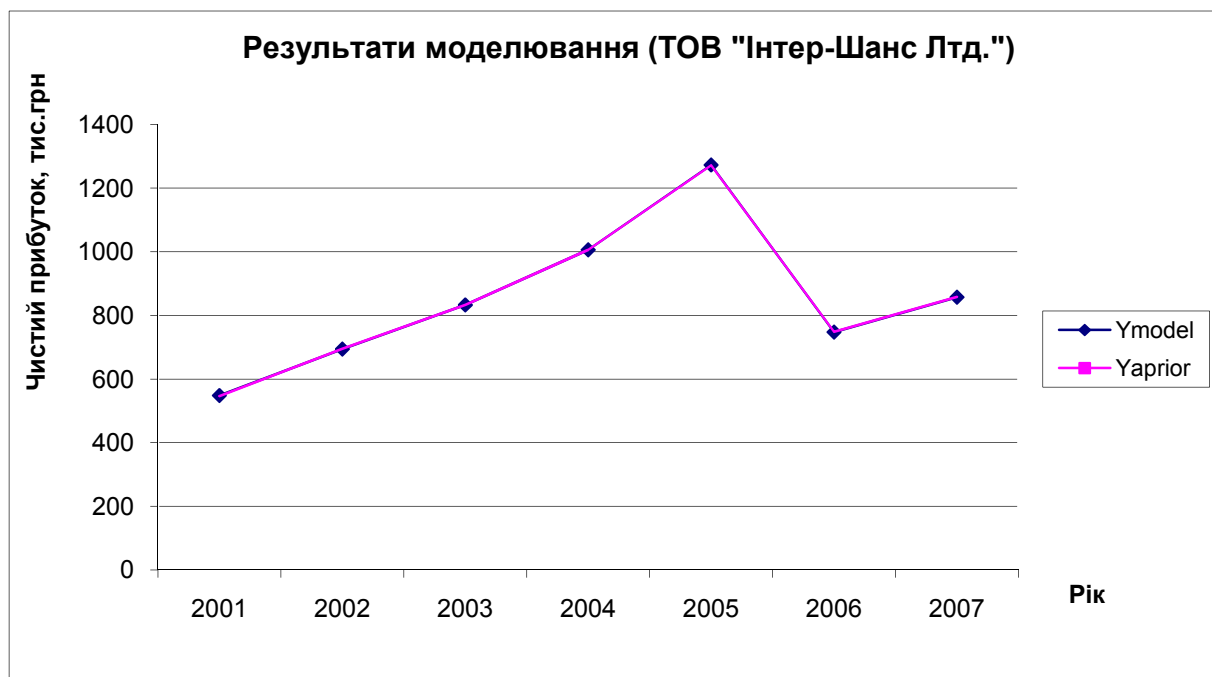


Рис. 4. Графічна інтерпретація результатів моделювання величини чистого прибутку (збитку) ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.”

Значення відносної похибки моделювання величини чистого прибутку (збитку) ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.” представлені у наступній таблиці (табл. 4).

Таблиця 4.

Значення відносної похибки моделювання величини чистого прибутку (збитку) ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.”

	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.
Y_{model} , тис.грн	548,326	694,6046	832,7775	1005,99	1272,99	747,45	857,58
Y_{aprior} , тис.грн	546,7	695	832,7	1006,5	1272,1	748,7	858,1
Похибка моделювання, %	-0,2974	0,05689	-0,0093	0,05037	-0,07058	0,1668	0,0604

Висновки. Отримані результати моделювання дозволяють зробити наступні висновки. Комбінаторний алгоритм МГВА:

1) забезпечує доволі високу точність моделей (похибка моделювання не перевищує 1%, а в багатьох випадках є на порядки нижчою);

2) робить можливим синтез прогнозних моделей економічних показників для реального підприємства (зокрема – для ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.”) на основі обмеженого набору вихідних даних (до уваги бралися показники діяльності товариства за 2001-2007 роки);

3) має сприятливі перспективи при дослідженні економічної діяльності підприємств України.

На завершення статті автори висловлюють щирю вдячність керівництву ТОВ „Інтер-Шанс Лтд.” за надану інформацію.

Література

1. Івахненко О.Г., Івахненко Г.О. Індуктивні методи прогнозування та аналізу складних економічних систем. <http://www.GMDH.net>
2. Madala,H.R. and Ivakhnenko,A.G. Inductive Learning Algorithms for Complex Systems Modeling. CRC Press Inc., Boca Raton, 1994.
3. Miller,J.-A. and Ivakhnenko,A.G. Selbstorganisation von Vorhersagemodellen. Berlin, VEB Verlag Technik, 1984.