

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

DOI: <https://doi.org/10.32836/2521-666X/2020-68-9>

УДК: 37.014.5:33.021.8

Дун Дживей

стажер-дослідник кафедри фінансів та інноваційного менеджменту,
Вінницький національний технічний університет

Dong Zhiwei

Vinnitsia National Technical University

ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ НА ВВП ВАРІАНТІВ ФІНАНСУВАННЯ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ УКРАЇНИ

TECHNOLOGY OF FORECASTING THE IMPACT ON GDP OF OPTIONS FOR FINANCING EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF UKRAINE

У статті здійснено прогнозування впливу на валовий внутрішній продукт (ВВП) варіантів фінансування закладів освіти за допомогою Байєсового підходу. Визначено, що перевагами використання Байєсових мереж є їхня стійкість до неповної і неточної інформації, що дає змогу відображати найбільш ймовірний результат подій. З метою застосування Байєсових мережеских моделей для фінансування закладів освіти (вищої, професійно-технічної, середньої і дошкільної) використано основні статистичні показники фінансування освітньої галузі країни. Розроблено концептуальну модель мережі Байєса закладів освіти, складовими елементами якої визначено тринадцять ключових вузлів, які стосуються фінансування усіх закладів освіти і ВВП. Проведене моделювання дало змогу провести ситуативний, порівняльний та структурний аналіз фінансування освіти з позицій впливу на ВВП. Доведено доцільність застосування моделей мереж Байєса для прогнозування впливу на ВВП варіантів фінансування закладів освіти.

Ключові слова: прогнозування, фінансування, ВВП, заклади освіти, ситуативний аналіз, порівняльний аналіз, структурний аналіз.

В статті осуществлено прогнозирование влияния на валовой внутренний продукт (ВВП) вариантов финансирования учебных заведений с помощью Байесовского подхода. Определено, что преимуществами использования Байесовских сетей является их устойчивость к неполной и неточной информации, что позволяет отображать наиболее вероятный исход событий. С целью применения Байесовских сетевых моделей для финансирования учебных заведений (высших, профессионально-технических, средних и дошкольных) использованы основные статистические показатели финансирования образования страны. Разработана концептуальная модель сети Байеса учебных заведений, составными элементами которой определены тринадцать ключевых узлов, касающиеся финансирования всех учебных заведений и ВВП. Проведенное моделирование позволило провести ситуативный, сравнительный и структурный анализ финансирования образования с позиций влияния на ВВП. Доказана целесообразность применения моделей сетей Байеса для прогнозирования влияния на ВВП вариантов финансирования учебных заведений.

Ключевые слова: прогнозирование, финансирование, ВВП, учебные заведения, ситуативный анализ, сравнительный анализ, структурный анализ.

The article uses Bayesian networks for processing statistical data, which are represented by disordered and informal empirical data. The purpose of the study is to forecast the impact on GDP of financing options for educational institutions in Ukraine through the use of Bayesian network models. The prerequisites for the study of the issue are determined: improvement of mechanisms of education management and financing, which allows to influence the activity of all educational institutions and to ensure the quality of educational services; the economy can develop only in conditions of increasing the level of education of the population, which contribute to the development of the entire economic system. It is investigated that the Bayesian network must satisfy four conditions: the vertices of the network are many random variables, the vertices are connected in pairs by oriented edges, all related vertices are determined by the table of conditional probabilities or conditional probability function, for vertices without parents the probabilities of its states are unconditional. Bayes theorem as a basis of technology of forecasting of influence on gross domestic product of variants of financing of educational institutions of Ukraine is substantiated. In order to apply Bayesian network models to finance educational institutions, the main statistical indicators of financing the country's education sector were used. A conceptual model of Bayesian educational institutions has been developed. The simulation is proposed to investigate the situation, comparable and researched analytical education with positions on GDP. Situational analysis showed that with increasing funding for higher education and vocational schools (while funding for secondary and preschool education remains unchanged), the level of GDP increases. Based on the comparative analysis, it was found that the maximum level of GDP is provided by the following dynamics of education financing with: sustainable financing

of higher education institutions; increasing funding for vocational schools; reducing the funding of secondary schools; reducing funding for preschool education. A structural analysis of the distribution of education funding by sector has shown that a clear percentage structure of funding is needed for GDP to be maximized. The expediency of using Bayesian network models for forecasting the impact of financing options on educational institutions on GDP has been proved.

Key words: forecasting, financing, GDP, educational institutions, situational analysis, comparative analysis, structural analysis.

Постановка проблеми. Нині для аналізу соціологічних даних використовуються два основних пакети програм обробки й аналізу первинної соціологічної інформації: SPSS та OCA, а також моделі «нейронних мереж». Ці моделі дають змогу описувати, моделювати і прогнозувати будь-які емпіричні дані: кількісні, якісні і дані змішаної природи. Однак виявлення закономірностей із неупорядкованих і неформалізованих емпіричних даних у гуманітарних сферах ускладнюється з низки причин, таких як відсутність точної мови з дескриптивної та аргументативної функції, а також переважання ідей замість точно визначених понять. Із цих причин одним із математичних засобів, що використовуються для аналізу соціальної поведінки, є Байєсові мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Запропонована у дослідженні технологія прогнозування впливу на ВВП варіантів фінансування закладів освіти України ґрунтується на дослідженнях таких зарубіжних учених: І. Бейнліха [1], Є. Гершковича [3], М. Каяалпа, Г. Купера [2–5],

Х. Сурмондта [1], Р. Чавеса [5] та інших. Ці вчені, використовуючи Байєсові моделі, які являють собою набір випадкових змінних та їхніх умовних залежностей за допомогою орієнтованого ациклічного графу, довели її результативність і можливість використання у багатьох галузях, у тому числі й економіці, для прогнозування і моделювання різноманітних процесів. Водночас застосування Байєсових мережевих моделей для фінансування закладів освіти нині є питанням актуальним та потребує комплексного дослідження.

Мета статті полягає у здійсненні прогнозування впливу на ВВП варіантів фінансування закладів освіти України шляхом застосування Байєсових мережевих моделей.

Виклад основного матеріалу дослідження. Передумовами дослідження цієї проблематики слугували два факти: 1) вдосконалення механізмів управління освітою загалом, у тому числі її фінансуванням, яке дає змогу впливати на діяльність всіх навчальних закладів (структурних елементів) і забезпечити якість освітніх послуг; 2) економіка може розвиватися тільки в умовах зростання рівня освіти населення, яке робить внесок у розвиток всієї економічної системи.

Так, в роботі [1] дійшли висновку, що єдиною прямою причиною низького рівня утримання студентів в університетах США є якість студентів, які поступають. Байєсова мережа (орієнтований граф) задовольняє такі умови:

1) вершинами мережі є безліч випадкових змінних. Змінні можуть бути дискретними або безперервними;

2) вершини попарно з'єднуються орієнтованими ребрами. Для двох вершин X і Y , якщо ребро спрямова-

но від вершини X до вершини Y , то вершина X називається батьківською щодо вершини Y ;

3) всі пов'язані з батьківськими вершини визначаються таблицею умовних ймовірностей або функцією умовних ймовірностей;

4) для вершин без батьків ймовірності її станів є безумовними.

Позначимо для вершини X_i безліч її батьківських вершин як $\text{parents}(X_i)$, тоді X_i характеризується розподілом умовних ймовірностей $P(X_i | \text{parents}(X_i))$, яке кількісно оцінює вплив батьківських вершин на вершину X_i . Спільний розподіл значень у вершинах можна оцінити як результат добутку локальних розподілів в кожному вузлі і його батьків:

$$P(X_1, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | \text{parents}(X_i)). \quad (1)$$

Якщо у вершини X_i немає батьків, то локальний розподіл ймовірностей називають безумовним, інакше умовним. Якщо значення у вузлі отримано в результаті досвіду, то вершину називають свідком. Граф не має циклів, що складаються з орієнтованих ребер, тобто є орієнтованим ациклічним графом (Directed Acyclic Graph – DAG). Перевага використання Байєсових мереж полягає в їхній стійкості до неповної, неточної, зачумленої інформації, і в такому разі отриманий результат буде відображати найбільш імовірний результат подій. Основою методу є теорема Байєса:

$$p(C | F_1, \dots, F_n) = \frac{P(C)P(F_1, \dots, F_n | C)}{P(F_1, \dots, F_n)}, \quad (2)$$

де: C – випадкова величина, яка приймає два значення: c – документ релевантний, \bar{c} – документ не релевантний; F_1, \dots, F_n – випадкові змінні – фактори, що впливають на актуальність документа.

Використовуючи визначення умовної ймовірності та припущення NBC's про умовну незалежність кожного фактору F_i від будь-якого іншого фактору F_j , що означає $P(F_i | C, F_j) = P(F_i | C)$ для $\forall i \neq j$, формулу Байєса можна переписати як:

$$p(C | F_1, \dots, F_n) = \frac{P(C) \prod_{i=1}^n p(F_i | C)}{P(F_1, \dots, F_n)}. \quad (3)$$

Структурними елементами Байєсової мережі є такі алгоритми: Байєсовий пошук; РС; пошук по основному графу; алгоритм товстого прорідження; алгоритм дерева, доповнений наївним Байєсом; алгоритм розширеного наївного Байєса; алгоритм наївного Байєса.

Для того, щоб розробити і знайти можливості застосування Байєсових мережевих моделей для фінансування закладів освіти, необхідно скористатися відповідними статистичними даними і визначити невідомі характеристики (ВВП) (таблиця).

У роботах [2–5] автори для вирішення таких типів задач запропонували використовувати мережу Байєса. Основна проблема при цьому полягає у виборі алгорит-

му побудови структури мережі з урахуванням характеру взаємозв'язку між вузлами і апіорного визначення умовних ймовірностей вузлів предків мережі. Аналіз джерел показує залежність між темпами економічного розвитку і рівнем освіти населення. Ріст бюджетних витрат на освіту на 1% веде до росту ВВП країни на 0,35%. Нехай вузли X1, X2, X3, X4 – це фінансування закладів освіти: вищих, професійно-технічних, середніх і дошкільних відповідно.

Тоді вузли X1.1, X2.1, X3.1, X4.1 – кількість закладів вищої освіти, професійно-технічних, середніх і дошкільних закладів відповідно. Вузли X1.2, X2.2, X3.2, X4.2 – кількість учнів (студентів), які навчаються у вищих, професійно-технічних, середніх і дошкільних закладах відповідно. Оскільки кількість учнів у дошкільних закладах може впливати на кількість учнів (студентів) у вищих, професійно-технічних та школах, у моделі присутні стрілки від X4 до X1, X2 та X3. Так само від X3 к X2 і X1. Оскільки кількість студентів вищих навчальних закладів ніяк не впливає на кількість учнів у дошкільних навчальних закладах, професійно-технічних закладах і школах, то вихідні стрілки від X1 можуть бути тільки до X1.1 і X1.2.

Встановимо тип усіх вузлів Y, X1, X2, X3, X4, X11, X22, X21, X22, X31, X32, X41, X42 – загальні.

Під час здійснення Байєсового пошуку структури системи ми застосували сім запропонованих алгоритмів, щоб побачити, які з них забезпечать найвищу точність. У першому експерименті ми виділили 13 вузлів і досліджували вплив вузлів X на вузол Y, причому вузли X1, ..., X4, Y були визначені ключовими умовами. Усі дії виконувались у програмі GeNie 2.3 Academic. Виходя-

чи з того, що економіка може розвиватися тільки в умовах зростання рівня освіти населення, вдосконалення технологій прогнозування впливу на ВВП варіантів фінансування закладів освіти стає особливо актуальним в умовах ресурсних обмежень і зовнішніх викликів.

Для виявлення закономірностей з неупорядкованих і неформалізованих емпіричних даних у сфері освіти математичним засобом для аналізу соціальної поведінки вибрано мережі Байєса, які являють собою причинно-наслідкові ланцюги, складаються з множини змінних і їх імовірнісних залежностей по Байєсу. У нашому разі Баєсові мережі використані для аналізу впливу фінансування закладів освіти на ВВП. Концептуальна модель мережі Байєса закладів освіти включає 13 вузлів, причому вузли X1, X2, X3, X4 – відповідно, фінансування вищих, професійно-технічних, середніх і дошкільних закладів освіти, а також Y – ВВП були визначені ключовими. Усі дії виконувались у програмі GeNie 2.3 Academic. За результатами попередньої дискретизації наявного набору даних, параметричного навчання, первинної валідації, аналізу чутливості прибрано зайві вузли, отримана уточнена модель (рис. 1). Після проведення повторної параметризації і кросвалідації точність результату становила $Y = 74,36\%$.

Порівняльний аналіз загальних тенденцій впливу фінансування освіти на ВВП на основі отриманої моделі показав такі загальні тенденції:

1) За збільшення фінансування вищих навчальних закладів і професійно-технічних закладів на 11% (при цьому фінансування загальноосвітніх навчальних закладів і дошкільних навчальних закладів залишається незмінним) рівень ВВП зростає на 12%.

Таблиця 1

Основні статистичні показники фінансування освітньої галузі*

Показники	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ВВП у фактичних цінах, млн грн., Y	1404669	1465198	1586915	1988544	2385367	2983882	3558706
Кількість ЗВО, од., X1.1	823,0	803,0	664,0	659,0	657,0	661,0	652,0
Кількість студентів у ЗВО, тис. осіб, X1.2	2170,1	2052,7	1689,3	1605,3	1586,7	1538,6	1522,2
Зведені видатки на вищу освіту – всього, млн грн., X1	29335,9	30003,1	28343,8	30981,8	35233,6	38838,2	44243,6
Кількість професійно-технічних навчальних закладів, X2.1	972,0	968,0	814,0	798,0	787,0	756,0	736,0
Кількість учнів професійно-технічних закладів, тис. осіб, X2.2	423,3	391,2	315,6	304,1	285,8	269,4	255,0
Зведені видатки на професійно-технічну освіту – всього, млн грн., X2	6034,0	6359,8	5885,2	6171,2	6182,3	8278,9	10004,0
Кількість загальноосвітніх закладів, тис. од., X3.1	19,7	19,3	17,6	17,3	16,9	16,2	15,5
Кількість учнів загальноосвітніх закладів, тис. осіб, X3.2	4222,0	4204,0	3757,0	3783,0	3846,0	3922,0	4042,0
Зведені видатки на загальну середню освіту – всього, млн грн., X3	42459,1	44233,2	42421,4	49668,3	56532,0	84346,3	101690,6
Кількість дошкільних навчальних закладів, тис. од., X4.1	16,4	16,7	15,0	14,8	14,9	14,9	14,9
Кількість дітей у дошкільних закладах, тис. осіб, X4.2	1428,0	1471,0	1295,0	1291,0	1300,0	1304,0	1278,0
Зведені видатки на дошкільну освіту – всього, млн грн., X4	14627,7	15662,4	15186,4	18142,2	20 115,5	28210,1	31786,3

*Джерело: побудовано автором на основі даних [6]

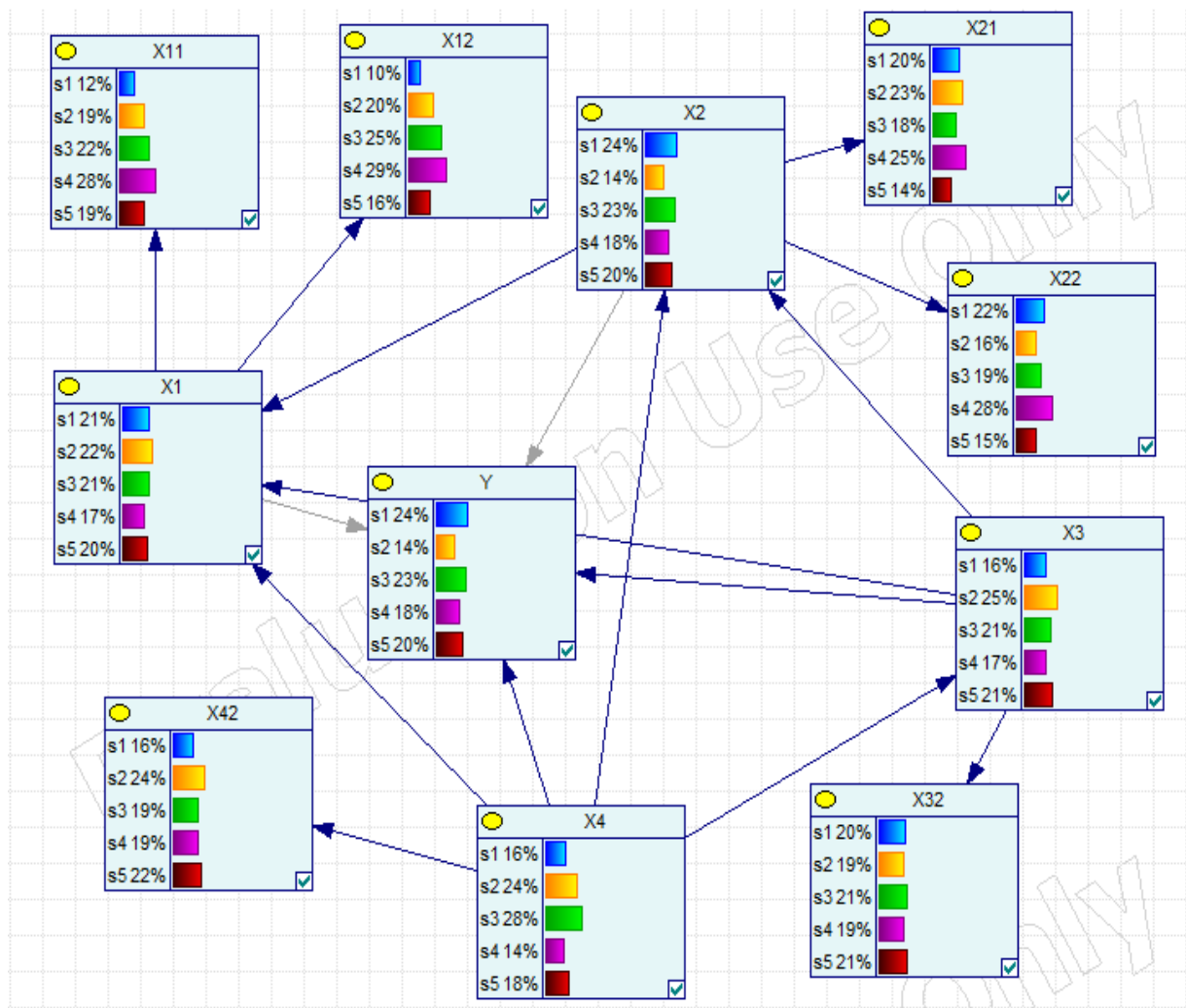


Рис. 1. Уточнена Байєсова мережа оцінки залежності ВВП від фінансування навчальних закладів із відсіченими вузлами X4.1 і X3.1

(побудовано автором)

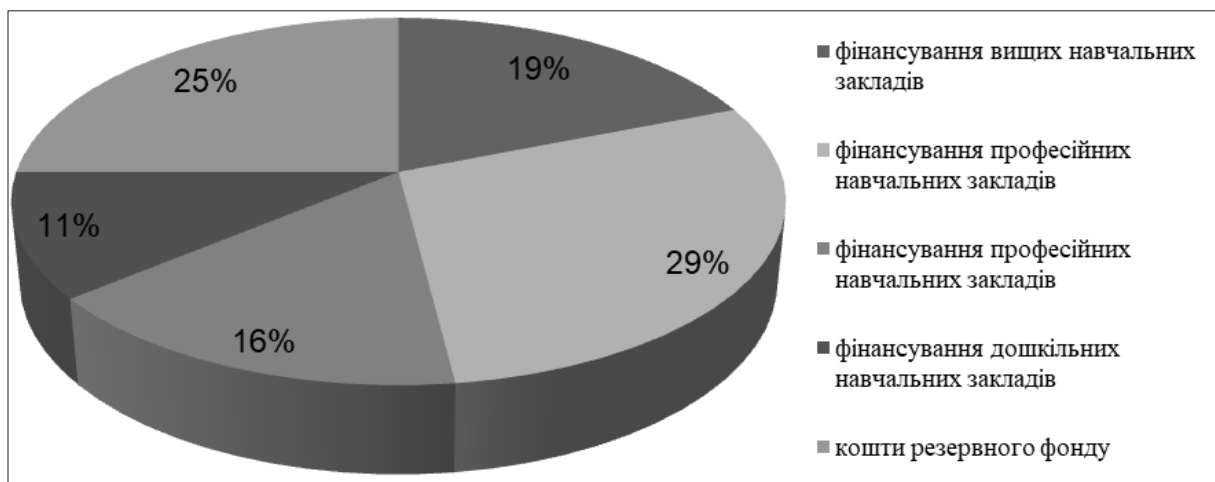


Рис. 2. Умови, за яких ВВП прагне до максимуму

(побудовано автором)

2) Максимальний рівень ВВП забезпечується: за сталого фінансування закладів вищої освіти; збільшенням фінансування професійно-технічних закладів на 9% (з 20 до 29%); зниженням фінансування загальноосвітніх закладів на 5% (з 21 до 16%); зниженням фінансування дошкільних навчальних закладів на 7% (з 18 до 11%).

3) Для того, щоб показник ВВП прагнув до максимуму, необхідно дотримуватися таких умов (рис. 2).

Отже, на фінансування вищих навчальних закладів необхідно спрямувати 19% виділених коштів на освіту загалом; на фінансування професійних навчальних закладів необхідно спрямувати 29% виділених коштів; на фінансування загальноосвітніх навчальних закладів необхідно спрямувати 16% виділених коштів; на фінансування дошкільних навчальних закладів необхідно спрямувати 11% виділених коштів; решта 25% від загальної суми фінансування будуть спрямовані у резервний фонд.

Висновки. Навряд чи можна сказати, що нині є один або два заходи, що дозволяють значно збільшити рівень ВВП, тому що тільки застосування комплексу заходів здатне привести до істотних позитивних результатів. Запропонований аналіз, заснований на Байєсовому підході, лише підтверджує це. Зрозуміло, що у цьому підході є і низка вищезазначених обмежень. Технологія прогнозування впливу на ВВП варіантів фінансування закладів освіти України дає змогу зробити такі висновки:

1. Ситуативний аналіз показав, що за збільшення фінансування вищих навчальних закладів і професійно-технічних навчальних закладів на 11% (при цьому фінансування загальноосвітніх навчальних закладів і дошкільних навчальних закладів залишається незмінним) рівень ВВП зростає на 12%.

2. Порівняльний аналіз загальних тенденцій впливу фінансування освіти на ВВП показав, що максимальний рівень ВВП забезпечується такою динамікою фінансування освіти: за сталого фінансування закладів вищої освіти; збільшенням фінансування професійно-технічних закладів на 9% (з 20 до 29%); зниженням фінансування загальноосвітніх навчальних закладів на 5% (з 21 до 16%); зниженням фінансування дошкільних навчальних закладів на 7% (з 18 до 11%).

3. Структурний аналіз розподілу фінансування освіти показав, що для того, щоб показник ВВП прагнув до максимуму, необхідно дотримуватися такої структури фінансування: на фінансування вищих навчальних закладів потрібно спрямувати 19% виділених коштів від фінансування освіти загалом; на фінансування професійно-технічних навчальних закладів – 29%; на фінансування загальноосвітніх навчальних закладів – 16%; на фінансування дошкільних навчальних закладів – 11%.

Список літератури:

1. Beinlich I. A., Suermondt H. J., Chavez R. M., Cooper G. F. The ALARM Monitoring System: A Case Study With Two Probabilistic Inference Techniques for Belief Networks. *Proceedings of the Second European Conference on Artificial Intelligence in Medicine*, London, England, 1989. P. 247–256.
2. Cooper G. F. Current Research Directions in the Development of Expert Systems Based on Belief Networks. *Applied Stochastic Models and Data Analysis*. 1989. Vol. 5. P. 39–52.
3. Cooper G.F., Herskovits E.A. Bayesian Method for the Induction of Probabilistic Networks from Data. *Machine Learning*. 1992. Vol. 9. P. 309–347.
4. Kayaalp M., Cooper G.F. A Bayesian Network Scoring Metric That Is Based on Globally Uniform Parameter Priors. 2002. P.251–258.
5. Chavez R.M., Cooper G.F. KNET: Integrating Hypermedia and Normative Bayesian Modeling. *Machine Intelligence and Pattern Recognition*. North-Holland, Amsterdam, 1990. Vol. 9: Uncertainty in Artificial Intelligence 4. Ed. R. D. Shachter, T. S. Levitt, L. N. Kanal, J. F. Lemmer. P. 339–349.
6. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 03.04.2020).

References:

1. Beinlich I.A., Suermondt H.J., Chavez R.M., Cooper G. F. (1989) The ALARM Monitoring System: A Case Study With Two Probabilistic Inference Techniques for Belief Networks. *Proceedings of the Second European Conference on Artificial Intelligence in Medicine*, London, England, pp. 247–256.
2. Cooper G.F. (1989) Current Research Directions in the Development of Expert Systems Based on Belief Networks. *Applied Stochastic Models and Data Analysis*, vol. 5, pp. 39–52.
3. Cooper G.F., Herskovits E.A. (1992) Bayesian Method for the Induction of Probabilistic Networks from Data. *Machine Learning*, vol. 9, pp. 309–347.
4. Kayaalp M., Cooper G. F. A (2002) Bayesian Network Scoring Metric That Is Based on Globally Uniform Parameter Priors, pp. 251–258.
5. Chavez R.M., Cooper G.F. (1990) KNET: Integrating Hypermedia and Normative Bayesian Modeling. *Machine Intelligence and Pattern Recognition*. North-Holland, Amsterdam, vol. 9: Uncertainty in Artificial Intelligence 4. Ed. R. D. Shachter, T. S. Levitt, L. N. Kanal, J. F. Lemmer. P. 339–349.
6. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (accessed 03.04.2020).