

ДІАГНОСТУВАННЯ ВПЛИВУ ЕКОНОМІЧНИХ ЧИННИКІВ НА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

DIAGNOSING THE INFLUENCE OF ECONOMIC FACTORS ON THE COMPETITIVENESS OF THE NATIONAL ECONOMY

Романко О.П.

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри теорії економіки та управління,
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

Romanko Olha

Candidate of Economic Sciences,
Assistant Professor of the Department of Business Theory and Administration
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Статтю написано з метою прогнозування впливу економічних чинників на інтегральний показник конкурентоспроможності національної економіки. Побудовано статичну Байєсівську мережу. Дослідження закономірностей функціонування національної економічної систем підтверджується такими результатами дослідження: усі показники регіону безпосередньо мають вплив на національне господарство; для максимізації регіональної конкурентоспроможності необхідний цілеспрямований вплив на його інноваційно-інвестиційну діяльність; загальний економічний стан регіону збільшиться у разі збереження рівня конкурентоспроможності за збільшення на третину інноваційно-інвестиційних результатів; економічна активність регіону зросте до свого поточного максимуму у разі приросту рівня інноваційно-інвестиційної діяльності на 4%.

Ключові слова: Байєсівська мережа, інноваційно-інвестиційна діяльність, національне господарство.

Статья написана с целью прогнозирования влияния экономических факторов на интегральный показатель конкурентоспособности национальной экономики. Построена статическая Байесовская сеть. Исследование закономерностей функционирования национальной экономической систем подтверждается следующими результатами исследования: все показатели региона непосредственно влияют на национальное хозяйство; для максимизации региональной конкурентоспособности необходимо целенаправленное воздействие на его инновационно-инвестиционную деятельность; общее экономическое положение региона увеличится в случае сохранения уровня конкурентоспособности при увеличении на треть инновационно-инвестиционных результатов; экономическая активность региона возрастет до своего текущего максимума в случае прироста уровня инновационно-инвестиционной деятельности на 4%.

Ключевые слова: Байесовская сеть, инновационно-инвестиционная деятельность, национальное хозяйство.

The article reflects the improvement of the process of forecasting the impact on the integral indicator of the competitiveness of the national economy of regional level indicators, which, unlike the existing ones, is based on the built Bayesian network, which allowed to determine the importance of innovation and investment indicators and to choose methods of achieving the maximum level of competitiveness. Constructed a static Bayesian network that reflects the impact of regional economic indicators on the integral index of competitiveness of the national economy. The regularity of functioning of economic systems of national and regional level is confirmed by the following research results, namely: all indicators of the region have a direct impact on the national economy; competitiveness when increasing by a third of innovation and investment results, economic act ness of the region will grow to its current peak in case of growth of innovation and investment by 4%. The study showed that the multidimensional nature of the relationship with economic, investment-innovation and competitiveness indicators can be used as a tool to support decision-making by management when formulating strategic recommendations for improving the economic state of the country. The article proposes a model of a static Bayesian network for solving the problem of forecasting the country's competitiveness. Where the simulation results confirm that if the volume of innovative products reaches the maximum (will increase from 30 to 100%), the level of innovation and investment activity in the region will increase by 28% (increase from 45% to 73%). These are the conditions under which the positive dy-

namics of increasing the competitiveness of the countries as a whole are observed. therefore, the indisputable fact of increasing the competitiveness of the national economy is due to the progressive development of innovation and investment activity. Such research will help to increase the effectiveness of the administrative decisions of public authorities, and in the context of de-neutralization reform, it is a scientifically necessary basis for local government.

Key words: Bayesian network, innovation-investment activity, national economy.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими чи практичними завданнями. Для глибшого аналізу конкурентоспроможності регіону слід дослідити прогноз результатів його інтегрального показника. Маючи перелік відомих статистичних даних та враховуючи те, що вони є динамічними, адекватним є використання Байєсовської системи (БС). Саме цей метод розрахований на дослідження, спрямоване на мінімізацію втручання людини в автономні системи, та є адекватним методом діагностування результатів та їх конфігурацій. Перевагами БС є напрям охоплення та формування висновків, можуть за потреби врахувати експертні висновки, оновлюються та персоналізуються. На відмінну від системи, яка використовує введення від числової моделі, як вхід у статичну мережу для прогнозування значень ключових змінних представлена Динамічною Байєсовою Системою (ДБС), котра використовує спостережувані значення ключових змінних для прогнозування майбутніх значень цих же змінних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. Використання байєсівських мереж у соціально-економічних дослідженнях розглядається в [1], де БС є одним із математичних інструментів аналізу соціальної поведінки, оскільки вони дають змогу моделювати, прогнозувати та описувати будь-які емпіричні набори даних: якісні, кількісні та змішані. Байєсівські мережі дають змогу використовувати як ймовірності, отримані статистичними чи аналітичними методами, так і експертні оцінки, як описано в [2; 3].

У роботі [4] автори використовували БС, щоб проаналізувати вплив співпраці науково-дослідницької роботи в корейських фірмах на їхні інноваційні показники. Вони порівняли свою БС-модель із нейронними мережами та пробітною моделлю для прогнозування інновацій. Результати показали, що хоча нейронні мережі отримали найкращі результати, вони були лише дещо кращими порівняно з БС. Зважаючи на те, що нейронні мережі мають недолік у складності інтерпретації, вони запропонували використовувати БС як найбільш корисні для аналізу та прогнозування інновацій.

Результати дослідників [5] показали, що БС дає змогу виявити ймовірнісну залежність структури показників конкурентоспроможності економіки країни від інновацій.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У цій роботі БС представлені як інструмент підтримки рішень для політиків, який може бути використаний із метою форму-

лювання стратегічних рекомендацій для підвищення інноваційного рівня країни. Перевага використання байєсівських мереж полягає в їхній стійкості до галасливих, неточних, неповних даних, тому результат відобразить найімовірніший результат подій.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Побудова ДБС здійснюється на базі проведеної статичної БС (рис. 1) із точністю після останньої валідації 68,6%. Системою вихідних показників є система показників (табл. 1) для розрахунку інтегрально показника конкурентоспроможності регіонів.

На наступному етапі дослідження на основі отриманої статичної БС побудована динамічна БС, що дає змогу оцінити загальні тенденції зміни рівня конкурентоспроможності залежно від економічних показників регіонів. Вихідні статистичні дані взяті за період із 2008 по 2017 р. Динаміку змін вихідних показників за спостережуваний період представлено в табл. 2.

Процес перетворення статичної БС на динамічну БС супроводжується введенням тимчасового параметра у визначення всіх тимчасових вузлів і додаванням тимчасових дуг (рис. 2). Оскільки мережа має 26 вузлів, то перебудова її статичного варіанту у динамічний є можливою, але обчислювально важко здійснюваною.

За результатами аналізу чутливості з наявних початкових показників ми виділили ті, які мали істотний вплив на результуючу конкурентоспроможність, а інші прибираємо. Відповідно, мережа набуває вигляду, який зображено на рис. 3.

Після дискретизації та врахуванням відсутності деяких економічних показників таблиця з вихідними даними динамічної БС набула такого вигляду (табл. 3).

Результати порівняльного аналізу показують таке:

1) Як видно з діаграми на рис. 4, для забезпечення максимальної конкурентоспроможності регіону (Y збільшується з 31% до 100%) необхідно збільшити інноваційну та інвестиційну активність регіону на 11% (X3 має збільшитися із 45% до 56%), а також щонайменше 5% упровадження інноваційних технологічних процесів (X35 від 30% до 35%) та обсягу інноваційної продукції (X34 від 34% до 37%).

2) Загальний економічний стан регіону досягне максимуму (X1 зросте з 30% до 100%), якщо за постійного рівня конкурентоспроможності (Y = 32-34%) інноваційна та інвестиційна діяльність у регіоні збільшиться на 33% (X3 має зрости з 45% до 78%), а показник економічної

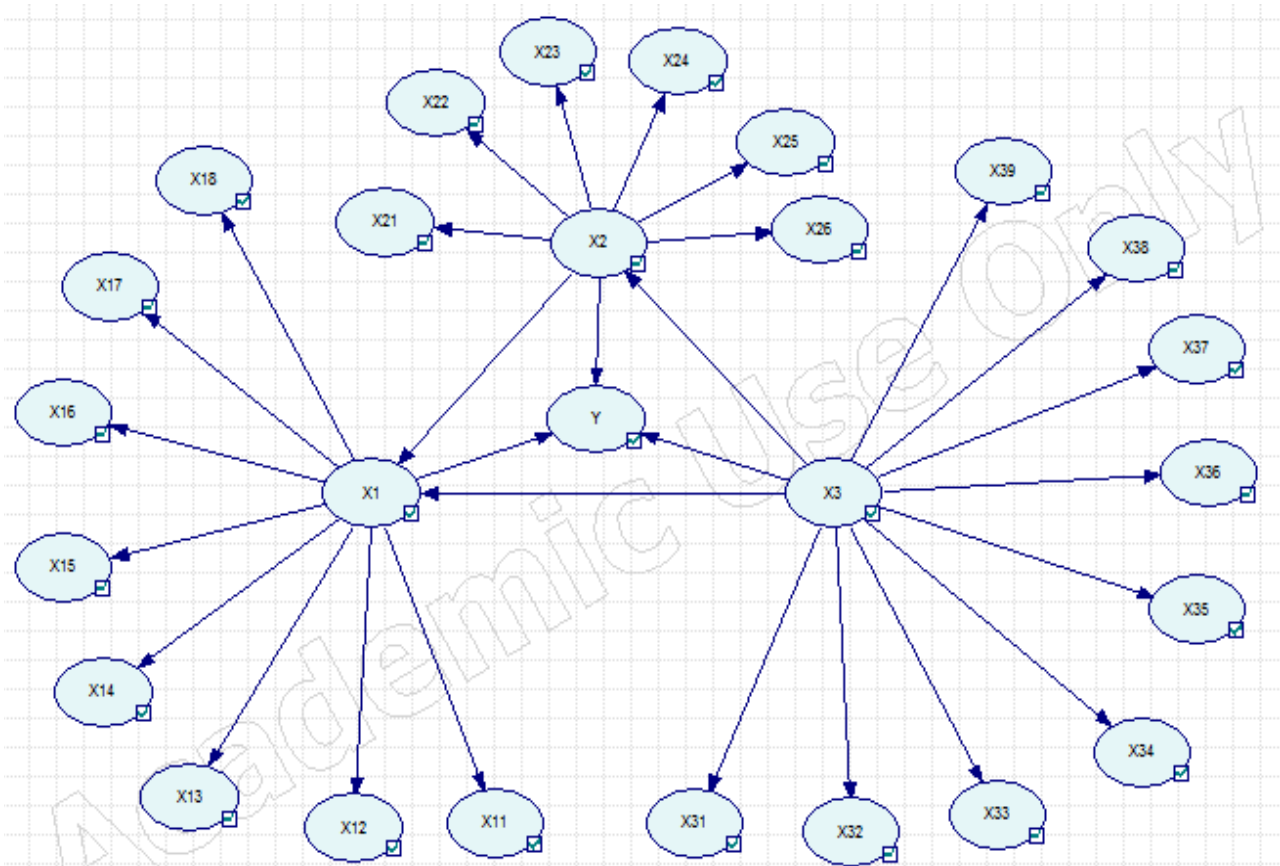


Рис. 1. Початкова статична Байєсовська модель

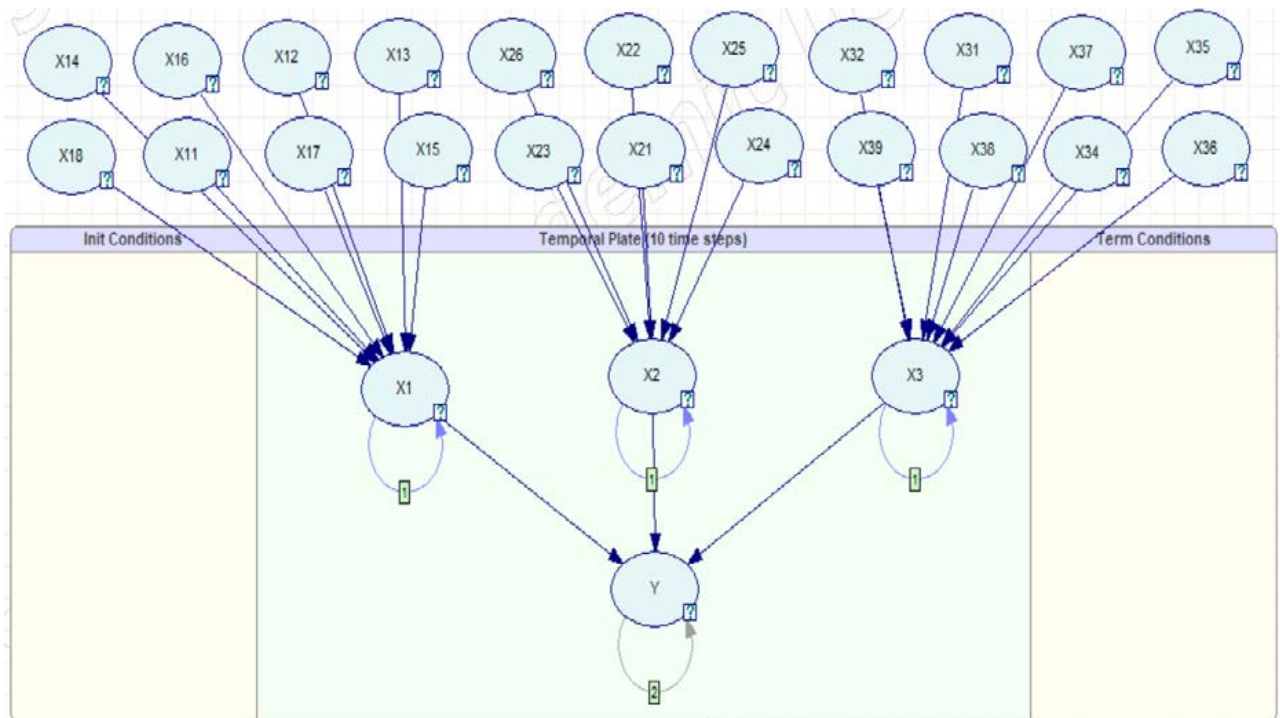


Рис. 2. Визначення всіх тимчасових вузлів і тимчасових дуг для динамічної БС

Таблиця 1

Вихідні дані для побудови БС

Показники		
Загальний економічний стан регіону X1	X11	Валовий регіональний продукт на одну особу (грн)
	X12	Економічно активне населення (тис осіб)
	X13	Зайняте населення (тис осіб)
	X14	Безробіття (тис осіб)
	X15	Кількість суб'єктів Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України (одиниць)
	X16	Середньомісячна заробітна плата за регіонами (в розрахунку на одного штатного працівника (грн)
	X17	Прийняття в експлуатацію загальної площі житла на 1000 постійного населення за регіонами (м2)
	X18	Поточні витрати на охорону та раціональне використання природних ресурсів (тис грн)
Економічна діяльність регіону X2	X21	Обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) на одну душу населення (тис грн)
	X22	Оборот роздрібною торгівлі (млн грн)
	X23	Загальний обсяг експорту товарів (тис дол. США).
	X24	Загальний обсяг експорту послуг (тис дол. США)
	X25	Загальні обсяги імпорту послуг (тис.дол. США)
	X26	Загальний обсяг імпорту товарів (тис дол. США)
Інноваційно-інвестиційна діяльність регіону X3	X31	Кількість організацій, які виконують наукові та науково-технічні роботи (одиниць)
	X32	Кількість фахівців, які виконують наукові та науково технічні роботи (осіб)
	X33	Кількість інноваційно активних підприємств у промисловості (одиниць)
	X34	Обсяг інноваційної продукції (тис грн)
	X35	Упровадження інноваційних технологічних процесів у промисловість (одиниць процесів)
	X36	Упровадження інноваційних видів продукції у промисловості (одиниць найменувань)
	X37	Капітальні інвестиції на одну особу (грн)
	X38	Прямі іноземні інвестиції на одну особу населення за регіонами України (дол. США)
	X39	Розподіл загального обсягу витрат за напрямками інноваційної діяльності (тис грн)
Y		ВРП (тис грн)

Таблиця 2

Результати побудови динамічної БС

	X1	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X2	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X3	X31	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39
2008	0.299828	11131	553.6	507.5	28624	1608	209	19.3	49012.9	0.114416	6167.9	3684	400.3	57.9	6.5	124.8	0.091432	26	1082	30	120456	20	280	3565.8	29	95846
2009	0.270066	11615	640.1	486.9	29347	1744	69	21.8	54653.1	0.119547	7368	9639	351.3	45.4	2.5	305.8	0.060123	28	954	28	9551.6	10	62	1906.2	96.6	90048.2
2010	0.268491	13554	553.6	507.5	29616	2060	167	10.8	60453.8	0.114418	15657	11393	348	36.9	5.8	161.2	0.07012	28	810	39	126707.2	17	71	1735.5	180.3	49469.9
2011	0.240227	15657	553.6	507.5	30168	2274	124	13.1	90389.8	0.105511	8773.8	14034	339200	41300	5000	238500	0.068411	28	667	58	18195.3	78	146	2478.8	186.7	80122.9
2012	0.190845	17910	523	477.7	23750	2268	163	45.7	81374.8	0.080926	9447.7	16716.7	328474	36900	5800	206635.2	0.067527	28	671	53	191362.8	37	95	2256.6	190.4	154584.6
2013	0.191705	19311	525	480.2	23737	2464	177	44.4	63202.7	0.10148	10118.3	18059.1	36905.1	41276.4	4965.7	274622.2	0.09129	23	616	48	208293.2	121	157	1978.4	233	161367.6
2014	0.179158	21725	500	450.2	24008	2617	113	49.6	62807.3	0.06606	11320.3	21538.5	359948	37246.8	4759.7	186302.9	0.102171	24	609	54	207947.5	181	153	2065.9	256.2	90461.7
2015	0.199098	30246	497	445.8	24522	3122	106	50.8	71672.7	0.088714	16029	26497.3	238440	26254.9	8080.5	140901.5	0.044294	16	425	19	10072.9	25	41	2921.4	194.8	70130.5
2016	0.205612	32215	497	441	25639	4046	100	55.9	78672.7	0.106924	24284.3	29609.1	246567	31227.8	5024.7	166342	0.05211	18	574	18	19672.9	57	63	3251.4	184.6	90130.5
2017	0.203876	32215	497	442.2	27169	5842	71	55.0	78111.8	0.094175	26746.2	19109.8	288607.7	30989	9018.5	202292.3	0.071581	21	732	15	287620	24	80	7012.4	202.0	56149.7

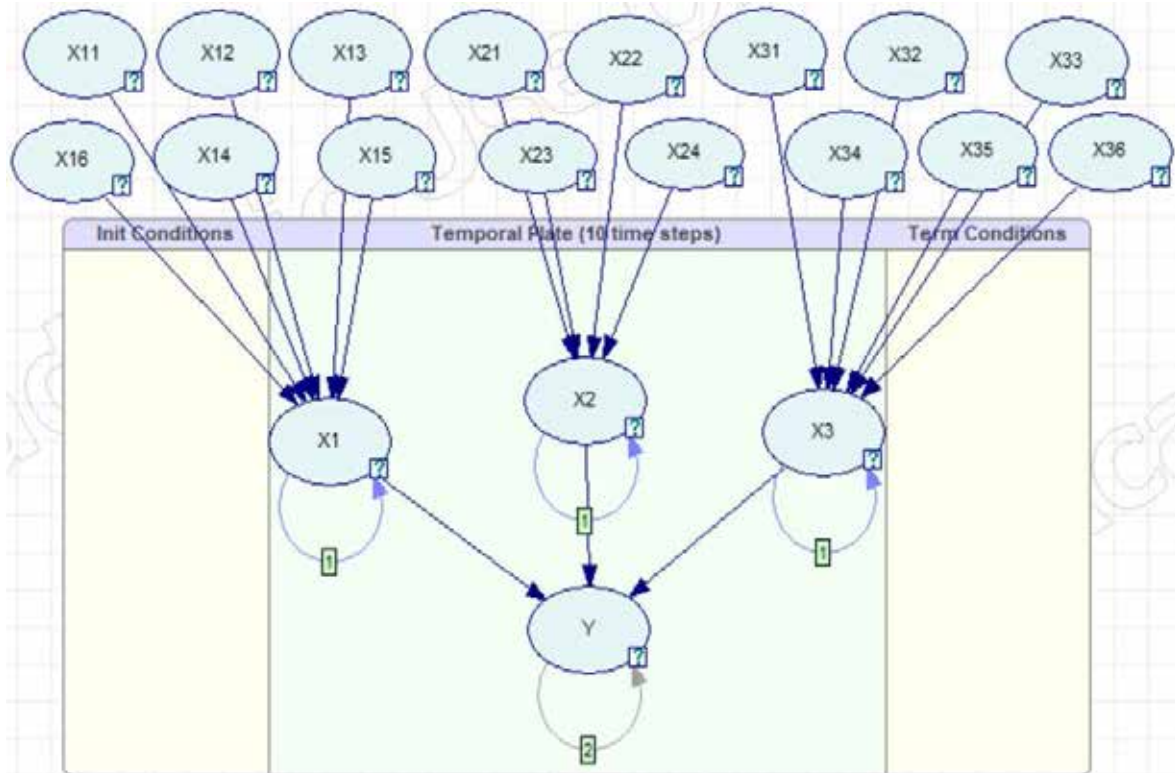


Рис. 3. Урахування істотності впливу певних економічних показників конкурентоспроможності регіону

Таблиця 3

Оновлені вихідні дані для динамічної БС

X1	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X2	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X3	X31	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39	Y	
s5	s5	s3	s4	s1	s3	s4	s4	s4	s2	s1	s4	s5	s4	s4	s1	s3	s5	s5	s4	s4	s5	s2	s1	s2	s2	s1	
s2	s3	s5	s4	s2	s3	s5	s3	s5	s2	s4	s4	s4	s1	s5	s4	s2	s1	s1	s4	s3	s1	s4	s3	s5	s2	s2	
s3	s4	s4	s2	s4	s4	s5	s2	s2	s4	s4	s4	s4	s1	s4	s5	s3	s4	s1	s5	s5	s1	s5	s2	s5	s5	s2	
s4	s2	s3	s2	s2	s3	s4	s2	s4	s1	s3	s1	s2	s2	s3	s5	s5	s4	s5	s3	s3	s1	s2	s2	s1	s5	s2	
s5	s1	s1	s5	s3	s2	s5	s4	s4	s1	s3	s1	s2	s3	s3	s3	s3	s4	s4	s1	s5	s4	s4	s3	s5	s5	s4	
s4	s2	s4	s4	s5	s4	s2	s2	s3	s4	s4	s4	s1	s2	s5	s4	s4	s3	s3	s5	s2	s4	s2	s2	s3	s3	s4	
s4	s3	s2	s5	s5	s2	s3	s2	s2	s2	s4	s4	s1	s4	s5	s4	s2	s2	s4	s4	s4	s2	s5	s5	s5	s3	s2	
s5	s4	s1	s3	s1	s2	s1	s2	s4	s4	s1	s4	s4	s1	s2	s3	s3	s5	s2	s4	s5	s2	s5	s1	s5	s4	s4	
s2	s4	s1	s5	s1	s5	s5	s4	s1	s3	s1	s2	s4	s4	s4	s1	s2	s1	s2	s1	s2	s2	s4	s3	s4	s1	s2	s5
s4	s3	s4	s3	s3	s4	s2	s4	s2	s4	s1	s4	s1	s4	s1	s3	s1	s1	s2	s1	s4	s2	s1	s2	s5	s2	s5	
s3	s4	s2	s4	s3	s4	s4	s2	s5	s2	s2	s4	s3	s4	s1	s5	s2	s2	s1	s4	s4	s3	s1	s2	s4	s5	s2	
s2	s2	s5	s5	s3	s4	s5	s5	s5	s1	s5	s1	s3	s4	s1	s1	s2	s1	s1	s3	s5	s4	s3	s1	s4	s4	s2	
s3	s4	s4	s3	s2	s4	s4	s2	s4	s1	s4	s4	s3	s3	s4	s1	s2	s4	s4	s1	s2	s4	s1	s2	s1	s3	s1	
s2	s4	s5	s2	s5	s5	s3	s3	s4	s2	s4	s1	s3	s2	s1	s1	s2	s2	s2	s3	s2	s4	s1	s4	s3	s5	s2	
s2	s4	s5	s4	s5	s5	s5	s5	s1	s4	s1	s4	s5	s4	s3	s5	s3	s4	s5	s4	s1	s5	s1	s4	s5	s4	s3	
s3	s5	s2	s2	s4	s1	s2	s3	s1	s4	s5	s4	s1	s5	s1	s3	s3	s5	s1	s5	s5	s5	s3	s5	s5	s1	s3	
s2	s5	s5	s2	s4	s4	s3	s5	s5	s2	s2	s1	s4	s2	s4	s4	s2	s5	s3	s1	s5	s3	s2	s2	s5	s3	s1	
s1	s2	s3	s1	s3	s1	s3	s4	s3	s4	s1	s3	s5	s1	s1	s2	s3	s5	s5	s2	s5	s4	s1	s5	s2	s3	s3	
s4	s4	s2	s3	s1	s5	s4	s5	s2	s4	s1	s3	s3	s2	s2	s2	s4	s3	s5	s2	s1	s1	s4	s4	s2	s2	s5	
s1	s4	s3	s4	s3	s1	s3	s1	s5	s3	s1	s1	s4	s1	s2	s4	s3	s2	s1	s2	s2	s5	s5	s4	s5	s5	s4	
s5	s2	s4	s4	s3	s4	s1	s3	s3	s1	s5	s3	s5	s2	s3	s3	s3	s5	s5	s5	s5	s3	s4	s1	s4	s1	s4	
s2	s1	s3	s5	s3	s1	s5	s3	s1	s2	s4	s2	s4	s4	s4	s1	s2	s3	s5	s4	s4	s3	s4	s4	s3	s5	s2	
s2	s2	s4	s3	s1	s3	s5	s5	s4	s1	s3	s5	s3	s1	s3	s4	s1	s2	s2	s1	s2	s2	s1	s1	s2	s2	s1	
s2	s5	s4	s5	s4	s3	s5	s4	s5	s2	s5	s2	s1	s4	s5	s3	s2	s5	s1	s5	s3	s3	s1	s3	s2	s2	s1	
s1	s3	s4	s3	s3	s5	s3	s3	s3	s5	s3	s2	s5	s1	s2	s3	s3	s5	s2	s3	s4	s4	s4	s1	s1	s4	s2	
s1	s4	s3	s1	s3	s3	s3	s5	s3	s3	s2	s1	s5	s2	s2	s1	s3	s5	s2	s4	s5	s1	s5	s4	s1	s5	s3	
s4	s2	s2	s4	s4	s3	s2	s2	s4	s3	s2	s1	s4	s1	s5	s4	s2	s5	s3	s4	s5	s1	s4	s4	s5	s5	s2	
s1	s4	s3	s5	s3	s2	s3	s3	s1	s3	s2	s2	s2	s1	s2	s1	s2	s3	s1	s5	s5	s4	s2	s5	s4	s1	s2	
s1	s3	s3	s3	s3	s3	s3	s4	s5	s4	s3	s1	s3	s2	s1	s5	s1	s2	s3	s1	s2	s3	s1	s3	s4	s1	s2	s4
s4	s4	s4	s2	s1	s3	s2	s3	s4	s2	s1	s1	s1	s3	s4	s4	s3	s4	s5	s2	s5	s4	s1	s1	s5	s4	s1	
s2	s3	s5	s1	s3	s1	s3	s4	s2	s1	s1	s5	s5	s3	s4	s4	s2	s2	s5	s1	s5	s4	s4	s4	s1	s5	s1	

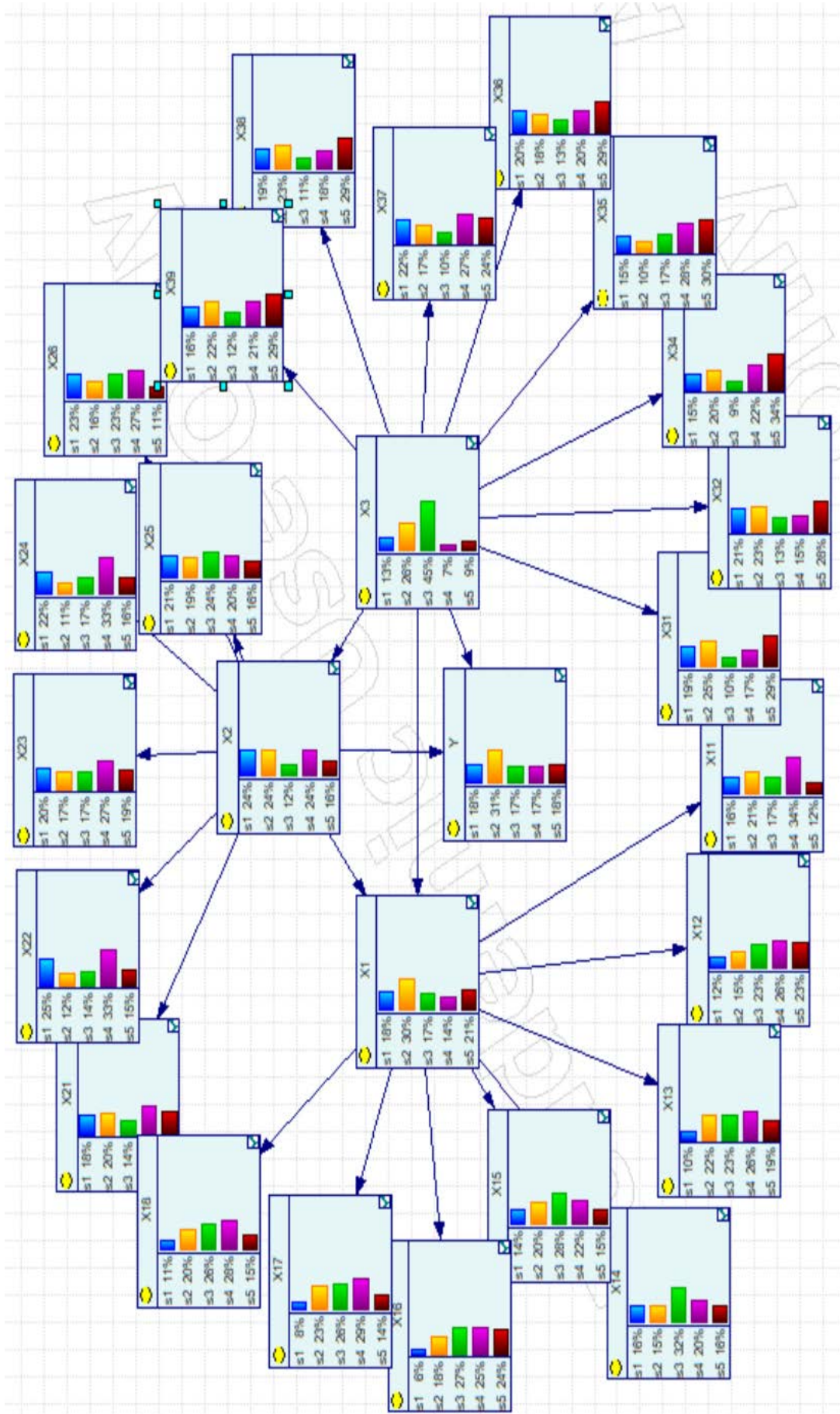


Рис. 4. Модель статичної Байєсівської мережі, зосереджена на вирішенні проблеми прогнозування конкурентоспроможності країни

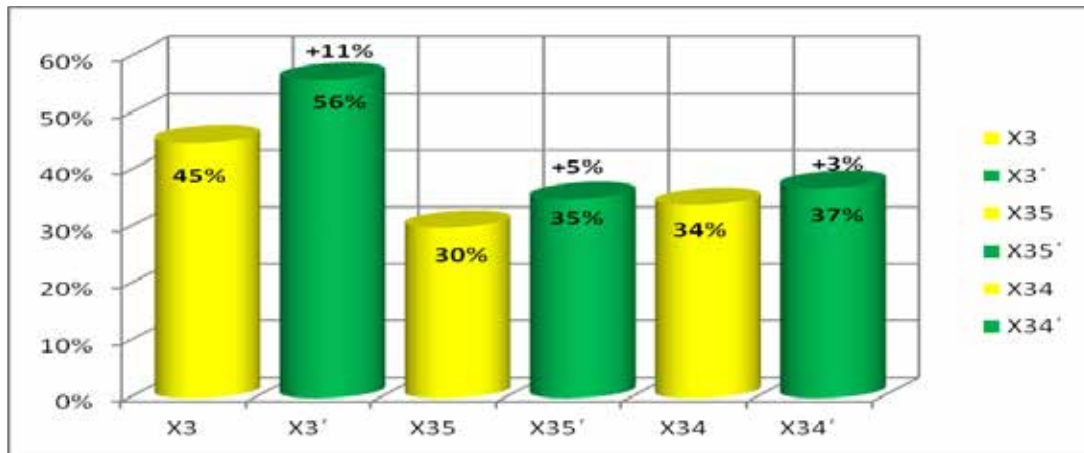


Рис. 5. Умови, за яких забезпечується максимальна конкурентоспроможність регіону

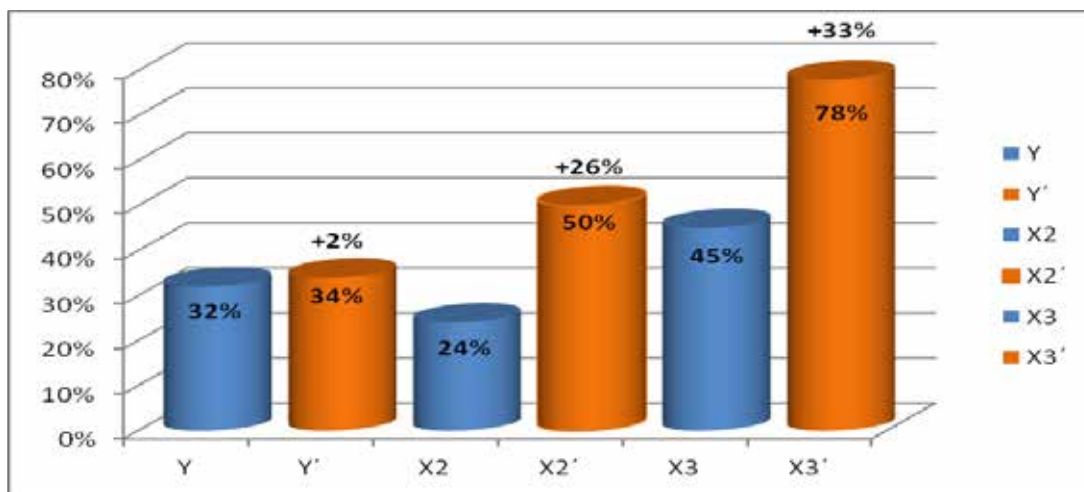


Рис. 6. Умови забезпечення найкращого загального економічного стану регіону

активності зросте на 26% (X2 повинен збільшитися з 24% до 50%), як показано на рис. 5.

3) Як видно з діаграми на рис. 6, показник економічної активності регіону досягне свого максимуму (X2 збільшиться з 24% до 100%), якщо інноваційна та інвестиційна діяльність регіону зросте на 4% (X3 має збільшитися із 45% до 49%), що призведе до підвищення конкурентоспроможності на 5% (Y збільшиться з 31 до 36%).

4) Інноваційно-інвестиційна активність регіону досягне свого максимуму (X3 збільшиться із 45% до 100%), показник економічної активності повинен збільшитися на 38% (X2 має зрости з 24% до 62%), що призведе до підвищення рівня конкурентоспроможності на 22% (Y зросте з 31% до 53%), як показано на рис. 7.

5) Якщо показник «Прийняття в експлуатацію загальної площі житла на 1000 жителів за регіонами» досягає максимуму (X17 збільшується з 29% до 100%), то загальний економічний стан регіону зросте на 51% (X1 збільшиться з 30% до 81%). Якщо показник «Роздрібна торгівля» досягне свого максимуму (X21 зросте з 33% до

100%), то рівень економічної активності в регіоні зросте на 27% (X2 зросте з 24% до 51%).

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Навряд чи можна сказати, що сьогодні існує один-два заходи, які можуть значно підвищити конкурентоспроможність країни, а тому лише комплекс таких заходів може призвести до значних позитивних результатів. Ресурси країни обмежені з різних параметрів та причин, включаючи недостатнє фінансування, тимчасові ресурси тощо.

Упровадження інноваційних технологічних процесів, загальне збільшення обсягу інноваційної продукції, а також поліпшення економічної ситуації відіграють найважливішу роль у забезпеченні виконання вимог до конкурентоспроможності країни. Ті самі принципи повинні застосовуватися не лише до країни, а й до кожного з регіонів.

У наших майбутніх дослідженнях планується застосовувати інші структурні алгоритми навчання, а також використовувати динамічний підхід Байєсівської мережі з метою відстеження конкурентоспроможності країни за різні проміжки часу.

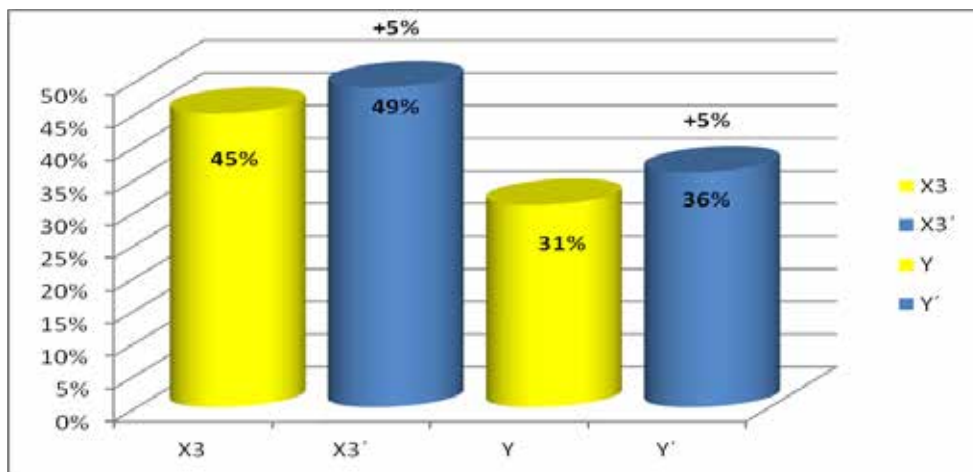


Рис. 7. Умови забезпечення найкращого розвитку інноваційної та інвестиційної діяльності в регіоні

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Неаполітан Р.Е. Навчання байєсівських мереж. Нью-Джерсі : Pearson Prentice Hall, 2004.
2. Каяальп М., Купер Г.Ф. Байєсівська метрика оцінювання мережі, що ґрунтується на глобально-однорідних пріорах параметрів. 2002. С. 251–258.
3. Кярульф Л., Гааг С. дер. Зробити обчислювальний аналіз обчислювально ефективним. *Невизначеність у мистецькій розвідці* : матеріали Шістнадцятої конференції (UAI-2000). Сан-Франциско : Morgan Kaufmann, 2000. С. 317–325.
4. Купер Г.Ф., Герсковіц Е. Байєсовий метод індукції ймовірнісних мереж з даних. *Машинне навчання*. 1992. № 9. С. 309–347.
5. Ченг Дж., Друздзель М.Дж. AIS-BN: Алгоритм відбору проб адаптивної важливості для доказового обґрунтування у великих байєсівських мережах. *Журнал досліджень штучного інтелекту (JAIR)*. 2000. Vol. 13. С. 155–188.

REFERENCES:

1. R. E. Neapolitan. "Learning Bayesian Networks", Pearson Prentice Hall. New Jersey, 2004.
2. M. Kayaalp, and G. F.Cooper. "A Bayesian Network Scoring Metric That Is Based on Globally Uniform Parameter Priors. 2002. Pp. 251–258.
3. U. Kjærulff and L. C. van der Gaag. "Making sensitivity analysis computationally efficient". In *Uncertainty in Artificial Intelligence: Proceedings of the Sixteenth Conference (UAI-2000)*. 2000. Pp. 317–325. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
4. G. F. Cooper and E. Herskovits. "A Bayesian method for the induction of probabilistic networks from data". *Machine Learning* 9, 1992, pp. 309–347.
5. J. Cheng and M. J. Druzdzel. "AIS-BN: An Adaptive Importance Sampling Algorithm for Evidential Reasoning in Large Bayesian Networks". *Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR)*, Vol. 13, 2000, pp. 155–188.