



Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

ННК «Інститут прикладного системного аналізу»

Кафедра математичних методів системного аналізу

Тема: Сценарний підхід до аналізу сталого розвитку вибраних країн світу

ВИКОНАЛА: ГУСЬКОВА ВІРА ГЕННАДІЇВНА

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: Д.Т.Н., ПРОФЕСОР БІДЮК ПЕТРО ІВАНОВИЧ

ННК «ІПСА», КИЇВ 2016

Мета дослідження

Побудова прогнозів для індексу людського розвитку за допомогою сучасних методів прогнозування та розробка сценаріїв для мінімізації малоймовірних, але впливових ситуацій, які при несвоєчасному виявленні можуть спричинити збій у розвитку країни.

Завдання дослідження:

- обробка даних, отриманих від міжнародних організацій;
- побудова прогнозів за допомогою регресійних моделей;
- побудова прогнозів за допомогою нейронних мереж;
- аналіз та обґрунтування отриманих результатів;
- побудова сценаріїв на основі отриманих прогнозів;
- візуалізація результатів побудови сценаріїв та прогнозування.

Об'єкт дослідження

Динамічні процеси розвитку, які представлено відповідною сукупністю складових, а саме – макроекономічними, екологічними та соціальними.

Предмет дослідження

Методи та методики сценарного аналізу індексу людського розвитку, математичні моделі прогнозування.

Методи дослідження

Регресійні моделі, нейронні мережі радіально-базисних функцій, нечіткий метод групового урахування аргументів, байєсовський метод. Програмна реалізація методів виконана в Eviews 7.0. Для порівняння отриманих результатів було розроблено програму на мові програмування C# та використано програмний продукт GMDH.

Розрахунок ІЛР

$$HDI_t = \frac{1}{3} * [LEI_t + EI_t + GDPI_t],$$

де LEI_t – індикатор рівня тривалості життя;
 EI_t – індикатор рівня освіти;
 $GDPI_t$ – індикатор рівня життя.

$$LEI_t = \frac{LE_t - \min\{LE\}}{\max\{LE\} - \min\{LE\}} = \frac{LE_t - 25}{85 - 25} = \frac{LE_t - 25}{60},$$

де LEI_t – індикатор тривалості життя за вказаний рік;
 LE_t – фактичне значення тривалості життя у конкретний час;
Min {LE} (25) – мінімальне значення тривалості життя;
Max {LE} (85) – максимальне значення тривалості життя.

$$GDPI_t = \frac{\log(Y_t) - \log(Y_{\min})}{\log(Y_{\max}) - \log(Y_{\min})},$$

де $GDPI_t$ – індикатор рівня життя;
 Y_t – ВВП на душу населення в країні;
 Y_{\min} – допустиме мінімальне значення;
 Y_{\max} – допустиме максимальне значення.

$$EI_t = \frac{2}{3} AL_t + \frac{1}{3} GEI_t$$

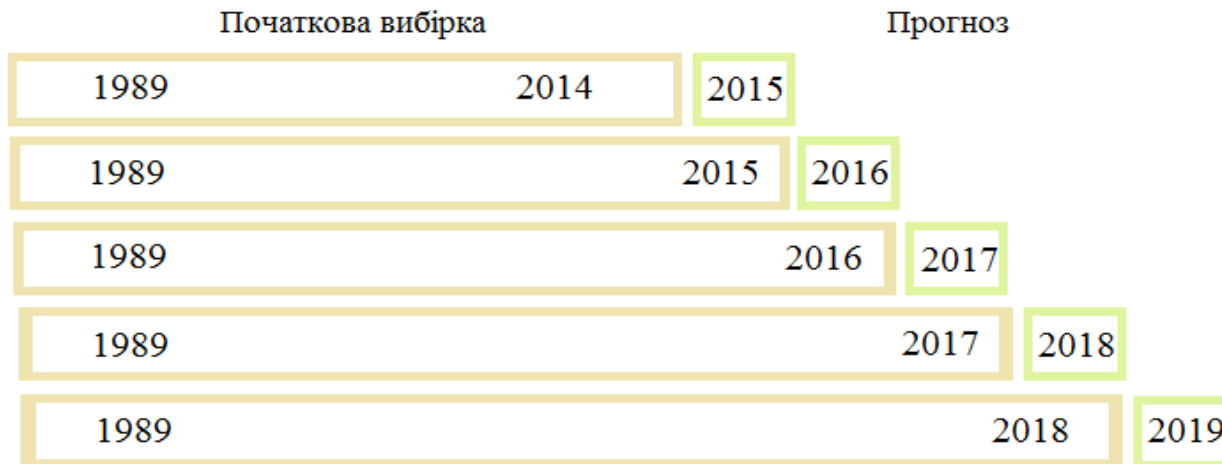
$$GEI_t = \frac{GE_t - \min\{GE\}}{\max\{GE\} - \min\{GE\}} = \frac{GE_t}{100},$$

де GEI_t – індикатор повноти охоплення навчаючих;
 GE_t – фактичне значення вступивших до навчального закладу;
100 (%) – максимальне значення вступивших;
0 (%) – мінімальне значення вступивших.

$$ALI_t = \frac{AL_t - \min\{AL\}}{\max\{AL\} - \min\{AL\}} = \frac{AL_t}{100},$$

де ALI_t – індикатор грамотності дорослого населення за вказаний рік;
 AL_t – фактичне значення грамотного дорослого населення;
100 (%) – грамотне доросле населення;
0 (%) – неграмотне доросле населення.

Параметри, за якими оцінюється якість моделі та прогнозу: (на прикладі Канади)



Модель: **Прогноз:**

R²;
SSR;
DW.

MAPE;
MSE;
Theil.

Прогнозування за допомогою

Регресійних моделей:

- АР моделі;
- АРМА моделі.

Нейронних мережей:

- РБФ;
- НМГУА.

Прогнози на 1 крок, 3 кроки та 5 кроків

Навчальна вибірка		Прогноз				
1989	2014	2015				
1989	2014	2015	2016	2017		
1989	2014	2015	2016	2017	2018	2019

Результати прогнозу AR моделі

	1 step	2 step	3 step	4 step	5 step
2015	0.936682	0.929903	0.93888	0.93888	0.93888
2016		0.931923	0.935242	0.93399	0.93399
2017			0.939259	0.938845	0.939259
2018				0.938338	0.938486
2019					0.939337

Математичні моделі із ковзним середнім

'АРКС(1,1) із застосуванням власного простого КС, при N=5 з рівнянням *equation zal_pks5.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + pks5 + c(3)*pks5(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного простого КС, при N=10 з рівнянням *equation zal_pks10.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + pks10 + c(3)*pks10(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5 з рівнянням *equation zal_eks5.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + eks5_1 + c(3)*eks5_1(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС, при N=10 з рівнянням *equation zal_eks10.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + eks10_1 + c(3)*eks10_1(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного простого КС по у, при N=5 з рівнянням *equation sign_pks5.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + pks5 + c(3)*pks5(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного простого КС по у, при N=10 з рівнянням *equation sign_pks10.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + pks10 + c(3)*pks10(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС по у, при N=5 з рівнянням *equation sign_eks5.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + eks5_2 + c(3)*eks5_2(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС по у, при N=10 з рівнянням *equation sign_eks10.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + eks10_2 + c(3)*eks10_2(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного простого КС по у, при N=5 з рівнянням *equation koef_pks5.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + pks5 + pks5(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного простого КС по у, при N=10 з рівнянням *equation koef_pks10.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + pks10 + pks10(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС по у, при N=5 з рівнянням *equation koef_eks5.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + eks5_2 + eks5_2(-1)$

'АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС по у, при N=10 з рівнянням *equation koef_eks10.ls* $y = c(1) + c(2)*y(-1) + eks10_2 + eks10_2(-1)$.

Прогнозування за допомогою ARMA моделей

Моделі, на основі яких будуються прогнози на 1 крок.

$$Y = C(1) + C(2)*Y(-1) + PK55 + C(3)*PK55(-1)$$

$$Y = C(1) + C(2)*Y(-1) + EKS5_1 + C(3)*EKS5_1(-1)$$

$$Y = C(1) + C(2)*Y(-1) + PK55 + C(3)*PK55(-1)$$

Результати прогнозу:

Найкращою моделлю є АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5 - Zal_eks5. Значення прогнозу на **2015 р. = 0.9342.**

Модель	Root Mean Squared Error	Mean Abs. Percent Error	Theil Inequality Coefficient
АРКС(1,1) із застосуванням власного простого КС, при N=5. Zal_pks5	0.779200	0.992473	0.296513
АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5. Zal_eks5	0.002085	0.220327	0.001129
АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС по y, при N=5. Sign_pks5	0.007448	0.699756	0.004012

Моделі, на основі яких будуються прогнози на 3 кроки.

$$Y = C(1) + C(2)*Y(-1) + PKS5 + C(3)*PKS5(-1)$$

$$Y = C(1) + C(2)*Y(-1) + EKS5_1 + C(3)*EKS5_1(-1)$$

$$Y = C(1) + C(2)*Y(-1) + PKS5 + C(3)*PKS5(-1)$$

Результати прогнозу:

Найкращою моделлю є АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5.

Значення прогнозу на **2015, 2016 та 2017 рр. = 0.93581, 0.93425, 0.93843.**

Модель	Root Mean Squared Error	Mean Abs. Percent Error	Theil Inequality Coefficient
АРКС(1,1),із застосуванням власного простого КС, при N=5. Zal_pks5	0.779686	0.989138	0.293989
АРКС(1,1), із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5. Zal_eks5	0.001839	0.147277	0.000982
АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС по y, при N=5. Sign_pks5	0.002942	0.265218	0.001568

Моделі, на основі яких будуються прогнози на 5 років.

$$Y = C(1) + C(2)*Y(-1) + PKS5 + C(3)*PKS5(-1)$$

$$Y = C(1) + C(2)*Y(-1) + EKS5_1 + C(3)*EKS5_1(-1)$$

$$Y = C(1) + C(2)*Y(-1) + PKS5 + C(3)*PKS5(-1)$$

Результати прогнозу:

Найкращою моделлю є АРКС(1,1) із застосуванням власного простого КС по у, при N=5. Sign_pks5. Результати прогнозування на 5 років, а саме на

2015, 2016, 2017, 2018 та 2019 рр. = 0.937440, 0.938552, 0.940551, 0.937585, 0.941787.

Модель	Root Mean Squared Error	Mean Abs. Percent Error	Theil Inequality Coefficient
АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС, при N=5. Zal_pks5	0.820150	0.991597	0.304403
АРКС(1,1), із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5. Zal_eks5	0.003549	0.301878	0.001893
АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС по у, при N=5. Sign_pks5	0.002505	0.227254	0.001334

Прогнозування за допомогою нейронної мережі РБФ.

Показники якості моделі:

	На 1 р		На 3 р		На 5 р	
	5	10	5	10	5	10
RSquare	0.1884	0.761	0.380	0.3581	0.0766	0.2950
SumSquaredResid	0.0028	0.003	0.0027	0.0029	0.0077	0.0095
DW	0.1792	2.224	1.885	1.665	1.454	1.7611

Показники якості прогнозу:

	На 1 р		На 3 р		На 5 р	
	5	10	5	10	5	10
RMSE	0.0285	0.0082	0.0345	0.0015	0.0147	0.0121
MAPE	3.1491	0.9021	3.4647	1.668	1.9496	1.0365
Theil	0.0155	0.00449	0.0182	0.0084	0.0078	0.0065

Результати прогнозування за допомогою РБФ мережі:

	0.913	На 1 р.		На 3 р.		На 5 р.	
		РБФ_5_нейр	РБФ_10_нейр	РБФ_5_нейр	РБФ_10_нейр	РБФ_5_нейр	РБФ_10_нейр
2015		0.9417519	0.921237041	0.961693686	0.924476	0.942878	0.92239
2016				0.9559221	0.921637	0.942420	0.91951
2017				0.96430422	0.951841	0.944809	0.93592
2018						0.943311	0.92289
2019						0.945236	0.93700

Прогнозування за допомогою нечіткого методу групового урахування аргументів (НМГУА):

Показники прогнозу на 1 крок:

RMSE = 0.000773427

MAPE = 0.08237762

Theil = 0.000411719

Показники прогнозу на 3 кроки:

RMSE = 0.001354205

MAPE = 0.141718407

Theil = 0.00072243

Показники прогнозу на 5 кроків:

RMSE = 0.006484361

MAPE = 0.976328657

Theil = 0.003466658

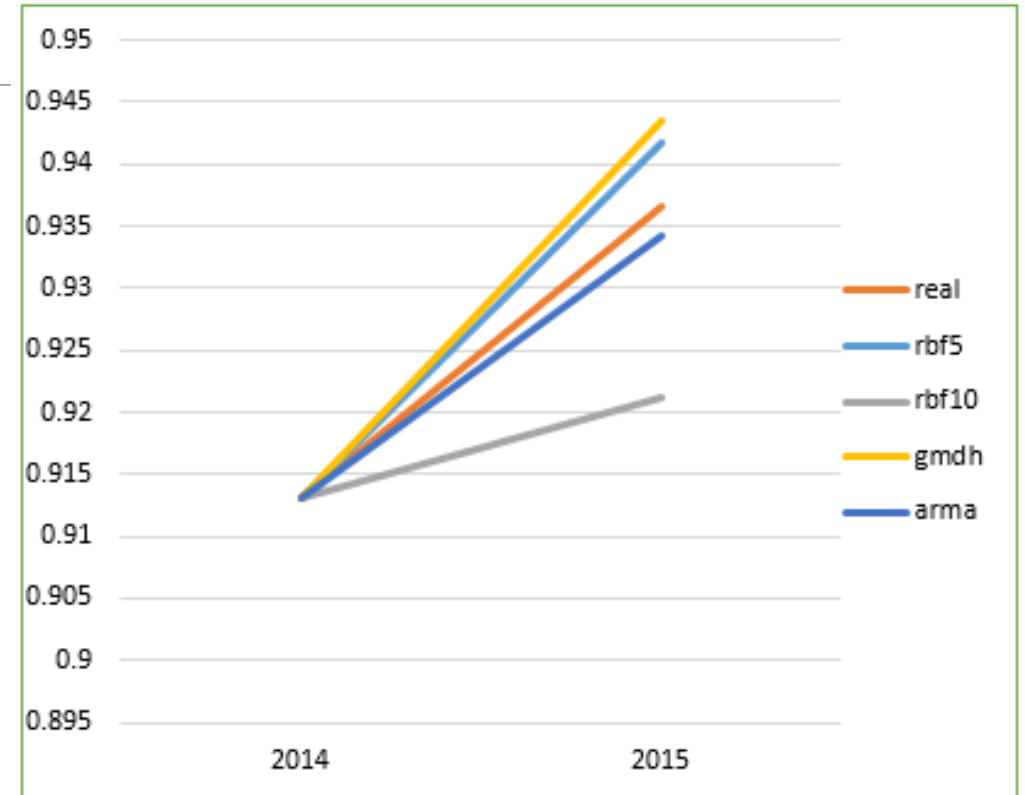
	2015	2016	2017	2018	2019
На 1 крок	0.939653				
На 3 кроки	0.937885	0.9326363	0.940887		
На 5 кроків	0.909408	0.9109923	0.935716	0.913675	0.938610

Аналіз отриманих результатів

	R - squared	SSR	DW
АРКС(1,1) із застосуванням власного простого КС, при N=5. Zal_eks5	0.404272	0.005277	1.911312
АРКС(1,1) із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5. Zal_pks5	0.126635	0.007736	1.906755
АРКС(1,1) , із застосуванням власного простого КС по y, при N=5. Sign_pks5	0.376208	0.005546	1.812284
РБФ 5 нейронів	0.1884	0.0028	0.1792
РБФ 10 нейронів	0.761	0.003	2.224

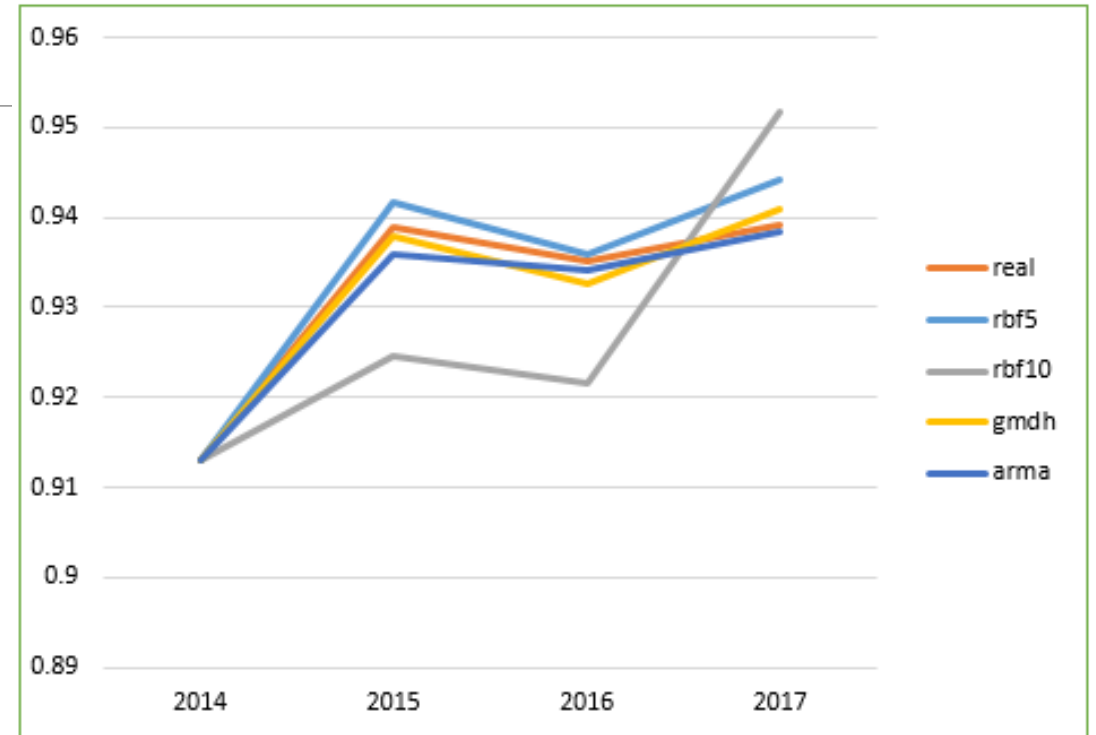
	RMSE	MAPE (%)	Theil
АРКС(1,1), із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5. Zal_eks5	0.002085	0.220327	0.001129
РБФ 5 нейронів	0.0285	3.1491	0.0155
РБФ 10 нейронів	0.0082	0.9021	0.00449
НМГУА	0.000773	0.08237	0.000411

Порівняння показників моделі та прогнозу при побудові прогнозу на 1 крок



Модель	R - squared	SSR	DW
АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС, при N=5. Zal_pks5	0.403569	0.005293	1.916087
АРКС(1,1), із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5. Zal_eks5	0.126877	0.007748	1.910158
АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС по y, при N=5. Sign_pks5	0.374111	0.005575	1.799381
РБФ 5 нейронів	0.380	0.0027	1.885
РБФ 10 нейронів	0.3581	0.0029	1.6653

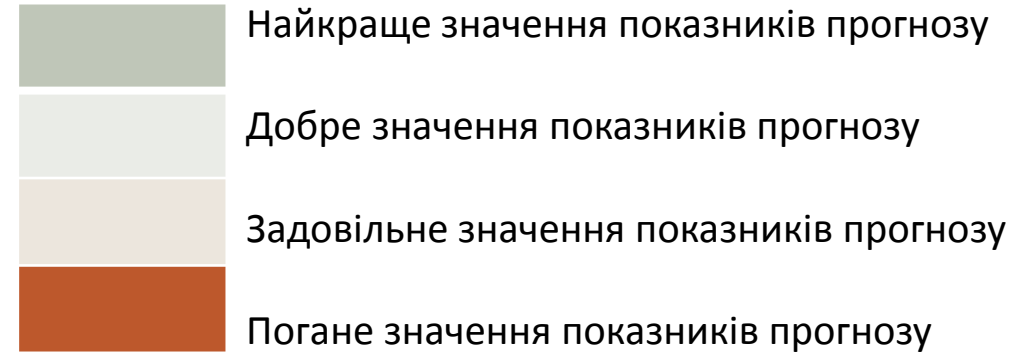
Порівняння показників моделі та прогнозу при побудові прогнозу на 3 кроки



	RMSE	MAPE (%)	Theil
АРКС(1,1), із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5. Zal_eks5	0.001839	0.147277	0.000982
РБФ 5 нейронів	0.0345	3.4647	0.0182
РБФ 10 нейронів	0.0015	1.668	0.0084
НМГУА	0.00135	0.141718	0.00072243

Модель	R - squared	SSR	DW
АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС, при N=5. Zal_pks5	0.402645	0.005302	1.915459
АРКС(1,1), із застосуванням власного експоненційного КС, при N=5. Zal_eks5	0.120232	0.007809	1.908863
АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС по у, при N=5. Sign_pks5	0.373446	0.005583	1.798553
РБФ 5 нейронів	0.0766	0.00771	1.45467
РБФ 10 нейронів	0.2950	0.0095	1.7611

Порівняння показників моделі та прогнозу при побудові прогнозу на 5 кроків



	RMSE	MAPE (%)	Theil
АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС по у, при N=5. Sign_pks5	0.002505	0.227254	0.001334
РБФ 5 нейронів	0.0147	1.9496	0.0078
РБФ 10 нейронів	0.0121	1.0365	0.0065
НМГУА	0.00648	0.97632	0.00346

Побудова сценаріїв

(на прикладі Канади)

Визначення рамок процесу. В рамках побудови сценарної моделі розглядається рівень людського розвитку в залежності від внутрішньої та зовнішньої ситуації у країні. Часовий інтервал моделювання – 5 років.

Визначення зацікавлених сторін:

- уряди окремих держав;
- громадяни окремих держав;
- представники громадських та екологічних організацій.

Встановлення факторів невизначеності. Ситуація в країнах, по яких не ведеться статистика, але попередньо відомо, що рівень людського розвитку є низьким, суттєво впливає на процес. Втім, реальні масштаби невідомі.

Етап 1

- розширення робочих місць;
- підвищення рівня освіти;
- зниження рівень CO₂;
- покращення медичного обслуговування, закупка обладнання, стажування лікарів;
- збільшення термінів виплати кредитів.

Результат: Поступове вирішення проблеми.

Етап 2

- розширення місць до фіксованої кількості;
- підтримка рівня освіти, починаючи з середнього;
- зниження рівень CO₂;
- покращення рівня медичного обслуговування;
- фіксування терміну для виплати кредитів

Результат: Стабілізація ситуації без покращень.

Етап 3

- зупинка розширення робочих місць;
- скорочення рівня стажувань для студентів та школярів;
- підготовка до зменшення рівня CO₂ (рівень CO₂ зменшиться на незначну величину, а затрати будуть дуже значними);
- зупинка купівлі медичного обладнання, але не зупиняти підвищення рівня медицині;
- зупинка розширення терміну для виплати кредитів

Результат: Стабілізація ситуації без покращень.

Етап 4

- скорочення робочих місць;
- повна зупинка стажування для студентів та школярів;
- повна зупинка зменшення рівня CO₂;
- направлення медицини на вирішення можливих загроз людства (можливість з'явлення інфекційних захворювань, можливість епідемій);
- скорочення терміну для виплати кредитів.

Результат: Подальше погіршення ситуації.

Керування даним сценарієм здійснюють п'ять дискретних випадкових змінних.

В якості факторів, які можуть впливати на значення ІЛР є:

- рівень працевлаштування (R_1);
- рівень освіти (R_2);
- рівень CO_2 (R_3);
- рівень медичного обслуговування (R_4);
- термін видачі кредитів (R_5);

Вплив уряду (y %):

- високий = 0,97, $\sim (0,86 - 1)$;
- середній = 0,75, $\sim (0,65 - 0,85)$;
- низький = 0,50 $\sim (0,35 - 0,64)$;
- дуже низький = 0,2 $\sim (0 - 0,34)$;

	Hight	Middle	Low	Very low
R_1	0.95	0.8	0.5	0.3
R_2	0.9	0.7	0.6	0.45
R_3	0.91	0.9	0.82	0.75
R_4	0.97	0.8	0.7	0.5
R_5	0.87	0.7	0.5	0.1

	Hight	Middle	Low	Very low
R_1	0.5	0.7	0.9	0.8
R_2	0.3	0.6	0.97	0.85
R_3	0.91	0.9	0.82	0.75
R_4	0.3	0.5	0.95	0.90
R_5	0.5	0.6	0.9	0.8

	Hight	Middle	Low	Very low
R_1	0.85	0.9	0.7	0.30
R_2	0.9	0.95	0.8	0.50
R_3	0.91	0.9	0.82	0.75
R_4	0.85	0.89	0.75	0.60
R_5	0.85	0.92	0.7	0.40

	Hight	Middle	Low	Very low
R_1	0.5	0.7	0.8	0.95
R_2	0.2	0.4	0.6	0.9
R_3	0.91	0.9	0.82	0.75
R_4	0.6	0.7	0.8	0.92
R_5	0.65	0.75	0.89	0.95

Ймовірність настання кожного із сценаріїв

$$P(s1/h) = \frac{0.63632}{0.998792} = 0.6371896$$

$$P(s1/m) = \frac{0.27354}{0.998792} = 0.2738$$

$$P(s1/l) = \frac{0.083517}{0.998792} = 0.08361$$

$$P(s1/vl) = \frac{0.005415}{0.998792} = 0.00542$$

$$P(s2/h) = \frac{0.377175}{0.998915} = 0.377849;$$

$$P(s2/m) = \frac{0.42074}{0.998915} = 0.42158;$$

$$P(s3/l) = \frac{0.18075}{0.998915} = 0.180946;$$

$$P(s4/vl) = \frac{0.02025}{0.998915} = 0.02027.$$

$$P(s3/h) = \frac{0.0102}{0.5555} = 0.01837;$$

$$P(s3/m) = \frac{0.0567}{0.5555} = 0.10216;$$

$$P(s3/l) = \frac{0.305}{0.5555} = 0.54954;$$

$$P(s3/vl) = \frac{0.1836}{0.5555} = 0.33081.$$

$$P(s4/h) = \frac{0.000708}{0.19529} = 0.003625;$$

$$P(s4/m) = \frac{0.02646}{0.19529} = 0.13549;$$

$$P(s4/l) = \frac{0.056048}{0.19529} = 0.28699;$$

$$P(s4/vl) = \frac{0.11208}{0.19529} = 0.57391.$$

При дотриманні усіх пунктів із сценарію 1, а саме впровадження урядом високого рівня ІЛР, зменшення рівня безробіття, підвищення освіти, зменшення рівня CO₂, покращення медичних послуг та обслуговування, розширення робочих посад, збільшення терміну виплат кредитів значення індексу людського розвитку буде досягати з ймовірністю 63.71896% відмітки = 0.937440, 0.938552, 0.940551, 0.937585, 0.941787.

При дотриманні 2 сценарію, а саме коли уряд буде впроваджувати високий рівень ІЛР, буде готуватися до завчасного погашення кредитів, буде підготовлювати робочі місця для розширення, рівень CO₂ буде продовжувати падати, буде розглянута можливість закупки нового медичного обладнання та покращення рівня освіти, рівень людського розвитку буде досягати відмітки = 0.909408, 0.9109923, 0.935716, 0.913675, 0.938610 з ймовірністю 42.158%.

Якщо дотримуватися сценарію 3, де уряд не впроваджує високий рівень ІЛР, коли йде підготовка до продажу акцій та активів, зниження рівня CO₂ зупиняється, зупиняється також розширення робочих місць та зупиняється купівля медичного обладнання, але рівень медичного обслуговування підвищується, значення рівня людського розвитку складає = 0.92239, 0.91951, 0.93592, 0.92289, 0.93700 з ймовірністю 54.954%;

Останнім етапом буде відмова урядом впроваджувати високий рівень ІЛР, зупиняється продаж частини активів, повністю зупиняється зменшення рівня CO₂, зупиняються стажування для студентів та школярі, медичний сектор направляється на вирішення можливих загроз (можливість з'явлення інфекційних захворювань, епідемій), значення ІЛР буде найнижчим з ймовірністю 57.391% і дорівнювати = 0.942878, 0.942420, 0.944809, 0.943311, 0.945236.

Висновки

За результатами роботи розширено початкову вибірку на основі використання AR моделі.

Прогнозування виконувалося на коротко та середньострокові періоди з фіксованим значенням кроку.

Прогнозування ІЛР здійснено за допомогою регресійних моделей з ковзним середнім, нейронної мережі РБФ та нечіткого методу групового урахування аргументів.

При прогнозуванні на 1 та 3 кроки найкращі результати отримано за допомогою прогнозування нечітким методом групового урахування аргументів.

При прогнозуванні на 5 кроків найкращий результат отримано за допомогою моделі АРКС(1,1), із застосуванням власного простого КС по у, при N=5.

На основі отриманих результатів побудовано 4 сценарію розвитку.

Для кожного із сценаріїв наведено значення прогнозу на 5 кроків, а саме на 2015, 2016, 2017, 2018 та 2019 рр.

Публікації

1. Гуськова В.Г., Гуськова Н.Г., Бідюк П.І.: V Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Інформаційні технології, економіка, техніка та освіта»: СЦЕНАРНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ КРАЇН ТА РЕГІОНІВ СВІТУ - Київ 2014 .: Національний університет технологій та біоресурсів, 2014.
2. Гуськова В.Г., Бідюк П.І.: VI Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Інформаційні технології, економіка, техніка та освіта»: ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРНОГО РОЗВИТКУ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ - Київ 2015 .: Національний університет технологій та біоресурсів, 2015.
3. Гуськова В.Г., Бідюк П.І.: Системні науки та кібернетика, науковий електронний збірник НТУУ «КПІ» № 1 (4) – 2015, ННК «ІПСА»: Комбінування оцінок прогнозів, обчислених за різними методами для обраних країн світу - Київ 2015.: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут".
4. Гуськова В.Г., Бідюк П.І.: VI международная конференция «Моделирование и компьютерная графика»: СЦЕНАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СТРАН И РЕГИОНОВ МИРА - Красноармійськ 2015.: Донецький національний технічний університет України, 2015.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ