

## СЕКЦІЯ 10 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.8:614.2

**Аль Ширафі М.А.**  
*аспірант кафедри менеджменту  
Полтавської державної аграрної академії*

### МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗГОРТАННЯ КРИЗИ МЕДИЧНОЇ ГАЛУЗІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

#### PREDICTION MODEL DEPLOYMENT OF MEDICAL CRISIS ON THE BASIS OF FUZZY LOGIC

##### АНОТАЦІЯ

В статті підкреслено необхідність розробки моделі прогнозування розгортання кризи медичної галузі на основі нечіткої логіки. Виділено наступні вхідні лінгвістичні змінні: інноваційний потенціал, фінансовий потенціал, ресурсний потенціал, професійно-кваліфікаційний потенціал, інформаційний потенціал, період прогнозування. Сформульовано базу правил системи нечіткого виводу. Візуалізацію результатів моделювання представлено поверхнею нечіткого виводу для вхідних лінгвістичних змінних. Впровадження розробленої моделі оцінки і прогнозування стану медичної галузі повинно забезпечити адекватне управління системою охорони здоров'я.

**Ключові слова:** модель, прогнозування, медична галузь, нечітка логіка, терм-множина.

##### АННОТАЦИЯ

В статье подчеркнута необходимость разработки модели прогнозирования кризисного состояния медицинской отрасли на основе нечеткой логики. Выделены следующие входные лингвистические переменные: инновационный потенциал, финансовый потенциал, ресурсный потенциал, профессионально-квалификационный потенциал, информационный потенциал, период прогнозирования. Сформулирована база правил системы нечеткого вывода. Визуализация результатов моделирования представлена поверхностью нечеткого вывода для входных лингвистических переменных. Внедрение разработанной модели оценки и прогнозирования состояния медицинской отрасли должно обеспечить адекватное управление системой здравоохранения.

**Ключевые слова:** модель, прогнозирование, медицинская отрасль, нечеткая логика, терм-множество.

##### ANNOTATION

The article underlines the need to develop forecasting models of the unfolding crisis in the healthcare industry based on fuzzy logic. Dedicated input linguistic variables: innovation potential, financial potential, resource potential, professional-qualification potential, informational potential, the forecasting period. Formulated the rule base of fuzzy inference system. Visualization of the simulation results presented surface of the fuzzy inference for the input linguistic variables. Implementation of developed models for assessing and forecasting the state of the healthcare industry should ensure adequate management of the health system.

**Keywords:** model, prediction, medical industry, fuzzy logic, term set.

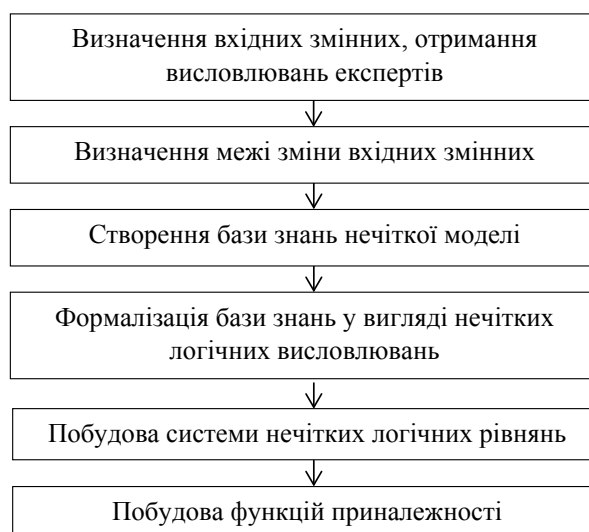
**Постановка проблеми.** Прийняття стратегічних рішень із питань розвитку медичної галузі відбувається в умовах невизначеності, зумовленою неточністю та неповнотою вхідних даних.

У зв'язку з цим розробка моделі прогнозування стану медичної галузі є пріоритетним напрямом для подолання її кризового стану, і концепція нечіткої логіки повинна стати базою для моделювання стану галузі. Аналіз факторів, що впливають на стан охорони здоров'я, дозволять спрогнозувати динаміку коливань різних показників. Все це підтверджує актуальність обраної теми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженню стану та прогнозуванню розвитку системи охорони здоров'я присвячено праці Лехан В.М. [1], Крячкової Л.В. [2], Співак М.В. [2], Тарасової В.В. [3] та ін. Проте застосування нечітких моделей прогнозування стану медичної галузі потребує подальшого розвитку.

**Мета статті** полягає в побудові моделі прогнозування розгортання кризи медичної галузі на основі нечіткої логіки.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Математичним апаратом моделі прогнозування



**Рис. 1.** Етапи побудови моделі прогнозування кризового стану медичної галузі

стану медичної галузі є теорія нечіткої логіки. Теорія нечіткої логіки дозволяє формалізувати причинно-наслідкові зв'язки між входними та вихідним параметрами моделі. Побудова моделі прогнозування кризового стану медичної галузі відбувалася за наступними етапами, представленими на рисунку 1.

Нами було виділено наступні групи показників:

1. Інноваційний потенціал.
2. Фінансовий потенціал.
3. Ресурсний потенціал.
4. Професійно-кваліфікаційний потенціал.
5. Інформаційний потенціал.
6. Період прогнозування.

За виділеними групами обрано наступні показники:

1.1. Рівень впровадження інноваційних медичних препаратів.

1.2. Рівень впровадження інноваційного медичного обладнання.

1.3. Рівень впровадження інноваційних методів лікування.

2.1. Рівень державних витрат на охорону здоров'я.

2.2. Рівень приватних витрат на охорону здоров'я.

3.1. Забезпеченість населення стаціонарними ліжками.

3.2. Забезпеченість населення лікарнями.

4.1. Забезпеченість населення лікарями усіх спеціальностей.

4.2. Забезпеченість населення молодшим медичним персоналом.

4.3. Укомплектованість фізичними особами посад лікарів сільських дільничних лікарень і лікарських амбулаторій.

5.1. Рівень комп'ютеризації медичних закладів.

5.2. Рівень захищеності інформаційних ресурсів в медичних інформаційних системах.

5.2. Рівень інформованості населення про якісні медичні послуги.

Загальна модель прогнозування розгортання кризи медичної галузі має наступний вигляд:

$$\begin{cases} R_1 = f_1(k_1, \dots, k_m) \\ R_f = f_2(b_1, \dots, b_n) \\ R_r = f_3(c_1, \dots, c_l) \\ R_p = f_4(z_1, \dots, z_o) \\ R_{in} = f_5(h_1, \dots, h_y) \end{cases}$$

де  $R_1$  – інноваційний потенціал,  $R_f$  – фінансовий потенціал,  $R_r$  – ресурсний потенціал,  $R_p$  – професійно-кваліфікаційний потенціал,  $R_{in}$  – інформаційний потенціал;

$k_1, \dots, k_m$  – набір показників інноваційного потенціалу медичної галузі;

$b_1, \dots, b_n$  – набір показників фінансового потенціалу медичної галузі;

$c_1, \dots, c_l$  – набір показників ресурсного потенціалу медичної галузі;

$z_1, \dots, z_o$  – набір показників професійно-кваліфікаційного потенціалу медичної галузі;

$h_1, \dots, h_y$  – набір показників інформаційного потенціалу медичної галузі.

На основі аналізу наукової літератури [4; 5; 6] для поставленого завдання було вирішено використовувати систему нечіткого виводу типу Мамдані. Нами були визначені функції належності термів для входних змінних та вихідного рівня прогнозованого стану розвитку медичної галузі.

Для першої лінгвістичної змінної «Інноваційний потенціал» були обрані наступні терми: «низький», «середній», «високий», «дуже високий». Числове значення змінної належить інтервалу  $[0;1]$ . Терми лінгвістичної змінної «Інноваційний потенціал» представлені на рисунку 2.

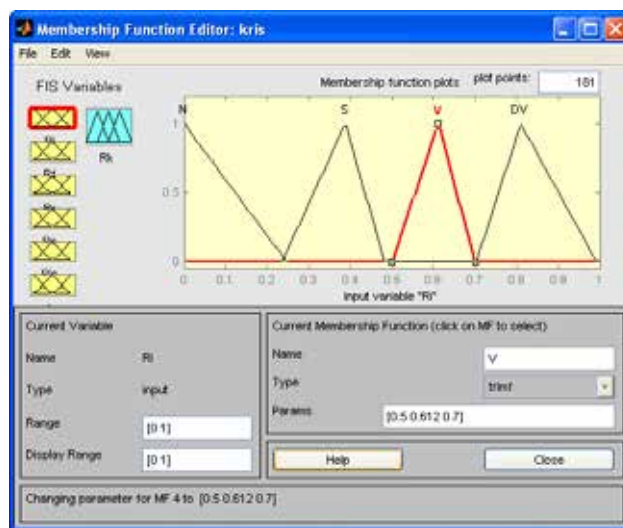


Рис. 2. Терми лінгвістичної змінної «Інноваційний потенціал»

Згідно даних рисунку 2 лінгвістична змінна «Інноваційний потенціал» розділена на чотири терми: «низький» (від 0 до 0,2), «середній» (від 0,2 до 0,5), «високий» (від 0,5 до 0,7), «дуже високий» (від 0,7 до 1).

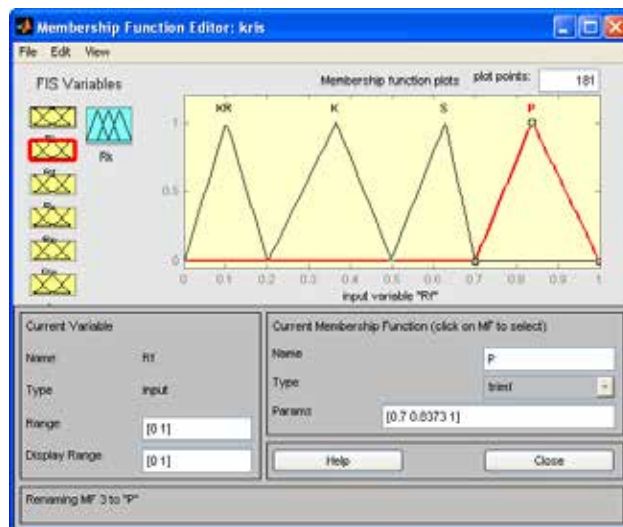


Рис. 3. Терми лінгвістичної змінної «Фінансовий потенціал»

Для лінгвістичної змінної «Фінансовий потенціал» були обрані наступні терми: «критичний», «кризовий», «середній», «приємний». Числове значення змінної належить інтервалу  $[0;1]$ . Терми лінгвістичної змінної «Фінансовий потенціал» представлені на рисунку 3.

Згідно даних рисунку 3 лінгвістична змінна «Фінансовий потенціал» розділена на чотири терми: «критичний» (від 0 до 0,2), «кризовий» (від 0,2 до 0,5), «середній» (від 0,5 до 0,7), «приємний» (від 0,7 до 1).

В якості терм-множини вхідної змінної «Ресурсний потенціал» були обрані наступні терми: «низький», «задовільний», «високий», «дуже високий». Числове значення змінної належить інтервалу  $[0;1]$ . Терми лінгвістичної змінної «Ресурсний потенціал» представлені на рисунку 4.

Згідно даних рисунку 4 лінгвістична змінна «Ресурсний потенціал» розділена на чотири терми: «низький» (від 0 до 0,2), «задовільний» (від 0,2 до 0,5), «високий» (від 0,5 до 0,7), «дуже високий» (від 0,7 до 1).

В якості терм-множини вхідної змінної «Професійно-кваліфікаційний потенціал» були обрані наступні терми: «низький», «середній», «достатній», «дуже високий». Числове значення змінної належить інтервалу  $[0;1]$ .

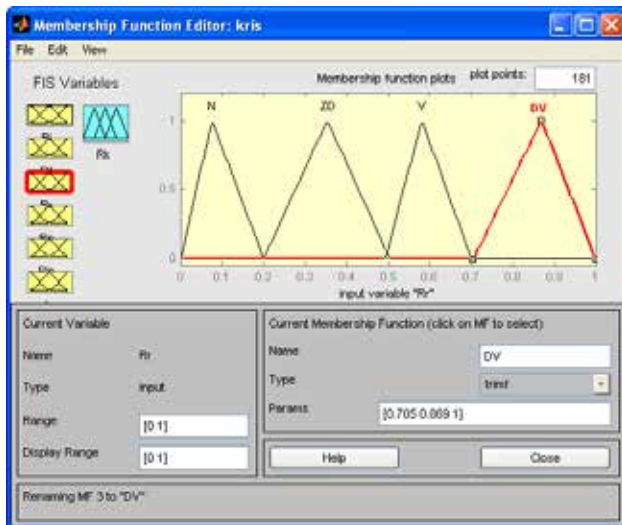


Рис. 4. Терми лінгвістичної змінної «Ресурсний потенціал»

Терми лінгвістичної змінної «Професійно-кваліфікаційний потенціал» представлені на рисунку 5.

Згідно даних рисунку 5 лінгвістична змінна «Професійно-кваліфікаційний потенціал» розділена на чотири терми: «низький» (від 0 до 0,2), «середній» (від 0,2 до 0,5), «достатній» (від 0,5 до 0,7), «дуже високий» (від 0,7 до 1).

Для лінгвістичної змінної «Інформаційний потенціал» були обрані наступні терми: «вразливий», «недостатній», «стійкий», «потужний». Числове значення змінної належить інтервалу  $[0;1]$ . Терми лінгвістичної змінної

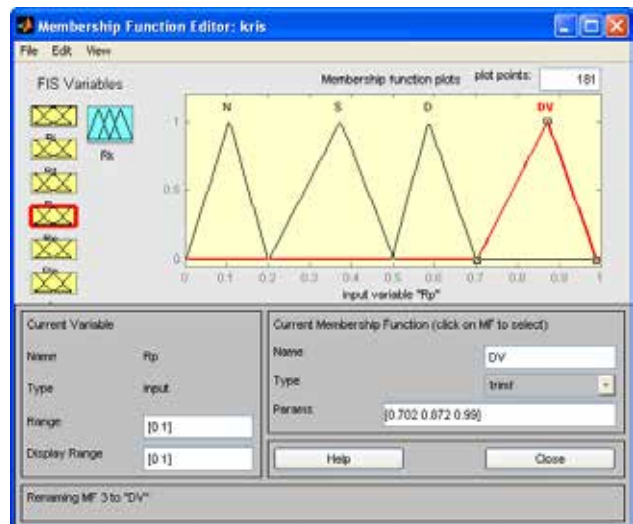


Рис. 5. Терми лінгвістичної змінної «Професійно-кваліфікаційний потенціал»

«Інформаційний потенціал» представлені на рисунку 6.

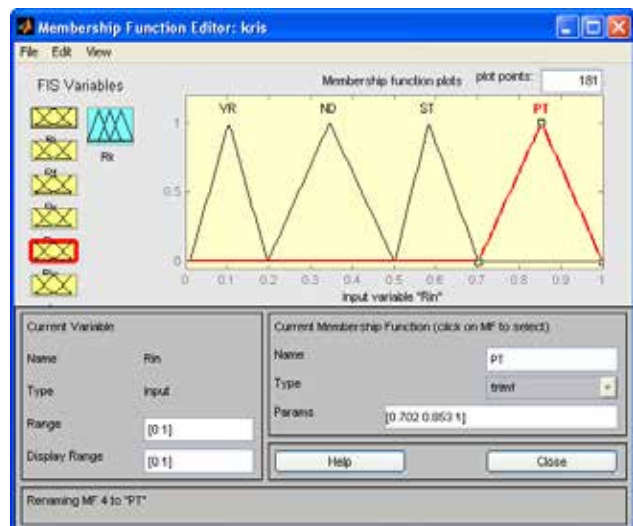


Рис. 6. Терми лінгвістичної змінної «Інформаційний потенціал»

Згідно даних рисунку 6 лінгвістична змінна «Інформаційний потенціал» розділена на чотири терми: «вразливий» (від 0 до 0,2), «недостатній» (від 0,2 до 0,5), «стійкий» (від 0,5 до 0,7), «потужний» (від 0,7 до 1).

Вхідна змінна «Період прогнозування» включає в себе наступні терми: «1 рік», «2 роки», «3 роки».

В якості терм-множини вихідної змінної «Прогнозований стан розвитку медичної галузі» були обрані наступні терми: «критичний», «кризовий», «стійкий», «стабільний». Числове значення змінної належить інтервалу  $[0;1]$ . Терми вихідної змінної представлені на рисунку 7.

Згідно даних рисунку 7 вихідна змінна «Прогнозований стан розвитку медичної галузі» була розділена на чотири терми: «критичний»

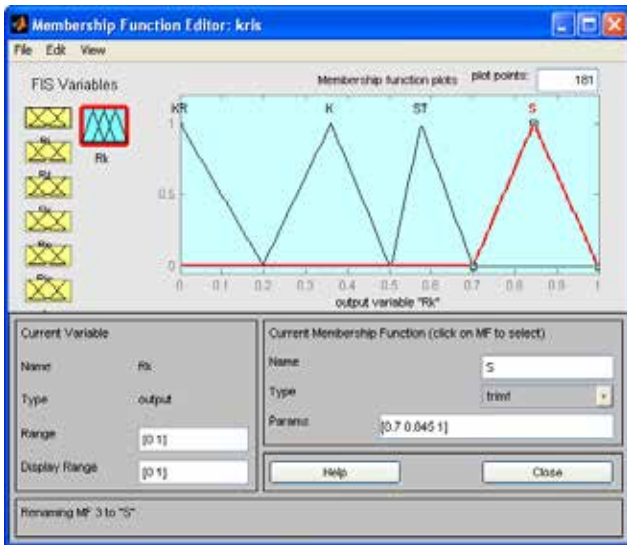


Рис. 7. Терми результуючої змінної «Прогнозований стан розвитку медичної галузі»

(від 0 до 0,2), «кризовий» (від 0,2 до 0,5), «стійкий» (від 0,5 до 0,7), «стабільний» (від 0,7 до 1).

На наступному етапі нами було задано систему правил для системи нечіткого виводу. Для побудови системи правил залучалися експерти з політики охорони здоров'я, державного управління медициною. Система правил для моделі прогнозування розгортання кризи медичної галузі представлена в таблиці 1.

Згідно даних таблиці 1 правила прийняття рішень, що свідчать про критичний стан медичної галузі у термінах нечіткої логіки, означає наступне лінгвістичне висловлювання: «Якщо значення  $R_i$  є низьким ТА значення  $R_f$  є критичним, ТА значення  $R_r$  є низьким, ТА значення  $R_p$  є середнім та  $t$  1 рік, ТОДІ стан медичної галузі є критичний».

Візуалізація системи правил дозволяє виконати аналіз стану медичної галузі. Наприклад, якщо ввести наступні значення вхідних змінних:  $R_i = 0,5$ ,  $R_f = 0,891$ ,  $R_r = 0,5$ ,  $R_p = 0,781$ ,

Таблиця 1 Система правил для моделі прогнозування розгортання кризи медичної галузі

Якщо	$R_i$	$R_f$	$R_r$	$R_p$	$R_{in}$	$t$	$to$	R
Якщо	Н	КР	Н	С	-	1Т	$to$	КР
Якщо	Н	К	З	Н	ВР	1Т	$to$	КР
Якщо	С	В	-	-	-	2Т	$to$	К
Якщо	Н	-	З	Н	НД	2Т	$to$	КР
Якщо	Н	-	З	С	НД	2Т	$to$	К
Якщо	С	КР	З	С	НД	3Т	$to$	К
Якщо	Н	КР	З	Н	ВР	2Т	$to$	КР
Якщо	Н	К	-В	-	НД	2Т	$to$	КР
Якщо	Н	КР	Н	-ДВ	-ПТ	2Т	$to$	КР
Якщо	Н	К	Н	Н	ВР	2Т	$to$	КР
Якщо	Н	К	З	С	-ВР	2Т	$to$	К
Якщо	С	К	З	Н	НД	3Т	$to$	К
Якщо	Н	К	-Н	С	ВР	3Т	$to$	К
Якщо	-Н	КР	Н	С	ВР	3Т	$to$	К
Якщо	С	С	З	-Н	-	2Т	$to$	К
Якщо	В	С	З	Д	СТ	3Т	$to$	СТ
Якщо	В	П	-Н	Д	-ВР	2Т	$to$	СТ
Якщо	С	С	В	ДВ	СТ	2Т	$to$	СТ
Якщо	ДВ	С	В	-Н	ПТ	3Т	$to$	СТ
Якщо	-Н	С	В	-Н	-ВР	2Т	$to$	СТ
Якщо	С	С	З	Д	ПТ	3Т	$to$	СТ
Якщо	В	С	В	Д	СТ	2Т	$to$	СТ
Якщо	В	П	В	Д	ПТ	3Т	$to$	СВ
Якщо	ДВ	П	ДВ	ДВ	ПТ	2Т	$to$	СВ
Якщо	В	П	ДВ	ДВ	ПТ	3Т	$to$	СВ
Якщо	В	С	ДВ	ДВ	ПТ	3Т	$to$	СВ
Якщо	ДВ	П	В	ДВ	ПТ	3Т	$to$	СВ
Якщо	ДВ	С	ДВ	Д	СТ	3Т	$to$	СВ
Якщо	В	П	ДВ	Д	СТ	3Т	$to$	СВ
...	...	...	...	...	...	...	...	...

КР – критичний, К – кризовий, Н – низький, С – середній, В – високий, ДВ – дуже високий, П – приемний, З – задовільний, Д – достатній, ВР – вразливий, НД – недостатній, ПТ – потужний, СТ – стійкий, СВ – стабільний.

1Т – 1 рік, 2Т – 2 роки, 3Т – 3 роки.

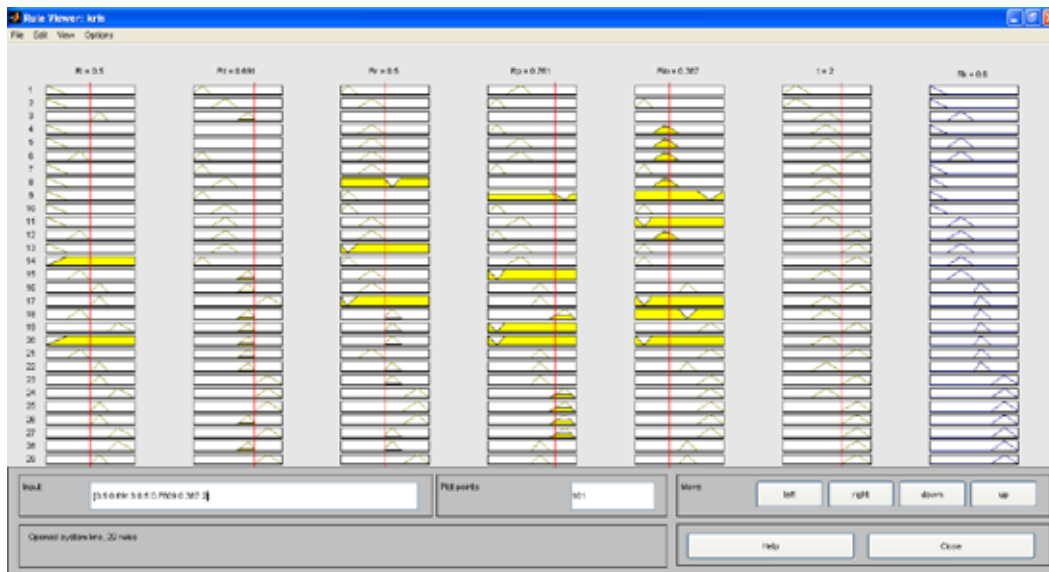


Рис. 8. Візуалізація системи правил нечіткого виводу

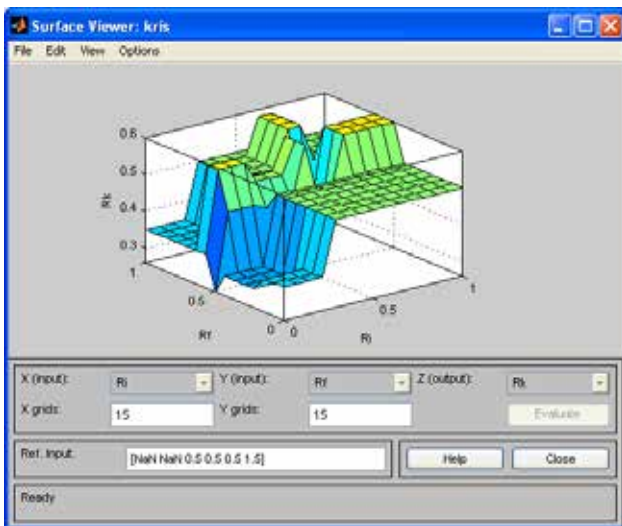


Рис. 9. Візуалізація поверхні нечіткого виводу моделі для входних змінних  $R_r$  та  $R_i$

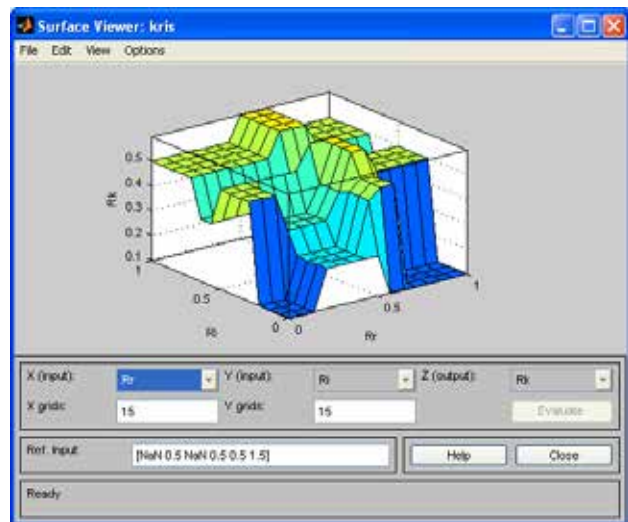


Рис. 10. Візуалізація поверхні нечіткого виводу моделі для входних змінних  $R_r$  та  $R_i$

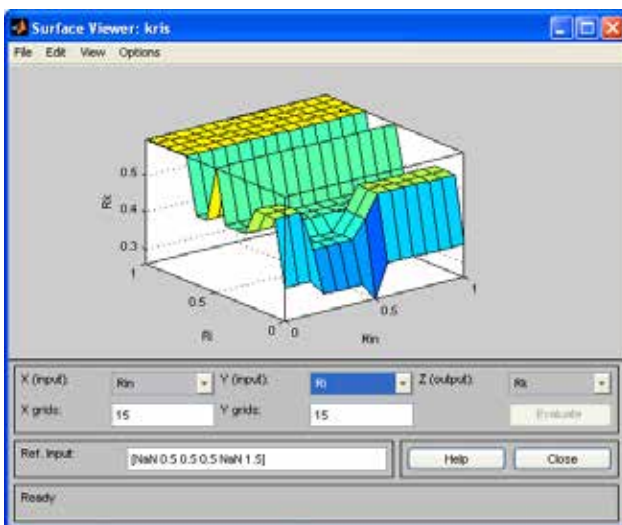


Рис. 11. Візуалізація поверхні нечіткого виводу моделі для входних змінних  $R_r$  та  $R_{in}$

$R_{in} = 0,387$  та  $t=2$  роки, то стан медичної галузі буде стійкий.

Дуже корисним інструментом аналізу є візуалізація поверхні нечіткого виводу. Даний інструмент дозволяє встановити залежність значень результуючої змінної від входних змінних. На рисунках 9, 10, 11 представлена візуалізація поверхні нечіткого виводу моделі для входних змінних.

**Висновки.** Для аналізу та прогнозування кризового стану медичної галузі необхідно володіти щомісячною чи принаймні щоквартальною інформацією щодо показників, які використовуються в моделі. Перевагою зворотного підходу на основі нечіткої логіки є відсутність стійкої прив'язки до числових показників моделі. Впровадження розробленої моделі оцінки і прогнозування стану медичної галузі повинно забезпечити адекватне управління системою охорони здоров'я.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:**

1. Лехан В.М. Інтегральна оцінка результатів діяльності системи охорони здоров'я України / В.М. Лехан, Л.В. Крячкова // Україна. Здоров'я нації. – 2010. – С. 53–65.
2. Співак М.В. Сучасний стан і проблеми внутрішньої політики охорони здоров'я в Україні / М.В. Співак // Актуальні проблеми політики; зб. наук. пр. / редкол.: С.В. Ківалов (голов. ред.), Л.І. Кормич (заст. голов. ред.), М.А. Польовий (відп. секр.) [та ін.] ; НУ «ОЮА», Південноукр. центр гендер. проблем. – Одеса : Фенікс, 2015. – Вип. 54. – С. 271–280.
3. Тарасова В.В. Кореляційний аналіз стану охорони здоров'я населення України / В.В. Тарасова // Науковий вісник національної академії статистики, обліку та аудиту. – 2013. – № 4. – С. 67–75.
4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и FuzzyTech / А.В. Леоненков. – Санкт-Петербург: «БХВ-Петербург», 2005. – 725 с.
5. Матвійчук А.В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка : [монографія] / А.В. Матвійчук – К.: КНЕУ, 2011. – 439 с.
6. Ярушкіна Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: [учеб. пособие] / Н.Г. Ярушкіна. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.